

Treball de Fi de Grau

## **Grau en Enginyeria Química**

### **Disseny d'una depuradora d'aigua de la línia d'esmaltat d'una indústria de ceràmica sanitària**

#### **MEMÒRIA**

**Autora:** Maria Vergés Boncompte  
**Director:** Lázaro Vicente Cremades Oliver  
**Convocatòria:** Gener 2018



Escola Tècnica Superior  
d'Enginyeria Industrial de Barcelona



## Resum

Aquest projecte té la finalitat de donar una solució a la problemàtica de l'empresa Fénix Cerámicas S.L en relació al tractament d'aigües residuals degudes a la seva activitat. L'objectiu del projecte és dissenyar una estació depuradora a partir del cabal i dels paràmetres contaminants de l'aigua a tractar.

Per fer-ho es realitzaran diversos càlculs per determinar el tractament químic a realitzar i el dimensionament dels equips per tal que l'aigua resultant compleixi amb la normativa vigent. Alhora que es detallaran els plànols, la viabilitat econòmica del projecte i el seu impacte ambiental.

# Índex

<b>GLOSSARI</b>	<b>5</b>
<b>1. INTRODUCCIÓ</b>	<b>9</b>
1.1. Origen del projecte.....	9
1.2. Objectius del projecte .....	9
1.3. Abast del projecte .....	10
<b>2. SITUACIÓ ACTUAL</b>	<b>11</b>
2.1. Fénix Cerámicas S.L.....	11
2.2. Procés de fabricació .....	11
2.3. Balanç de matèria i E-factor.....	14
<b>3. PUNTS DE SORTIDA D'AIGÜES CONTAMINADES</b>	<b>17</b>
3.1. Línia d'esmaltat.....	17
3.2. Línia de fabricació de motlles .....	17
3.3. Zona de colat .....	18
<b>4. NORMATIVA APLICABLE</b>	<b>19</b>
4.1. Normativa d'abocaments d'aigües residuals .....	19
4.1.1. BOPB 9 febrer 2015 Reglament metropolità d'abocament d'aigües residuals .	19
4.1.2. DECRET 130/2003, de 13 de maig, pel qual s'aprova el Reglament dels serveis públics de sanejament .....	20
4.1.3. REIAL DECRET LEGISLATIU 1/2001, de 20 de juliol, pel qual s'aprova el text refós de la Llei d'aigües. («BOE» 176, de 24-7-2001.).....	20
4.2. Normativa de gestió de fangs .....	20
<b>5. TIPUS DE CONTAMINANTS</b>	<b>21</b>
5.1. Sòlids en Suspensió .....	21
5.2. Metalls Pesants.....	21
5.3. Alcalinitat.....	22
5.4. Duresa .....	22
<b>6. ANÀLISI DE LES AIGÜES RESIDUALS</b>	<b>23</b>
6.1. Substàncies analitzades .....	23
6.2. Resultat de l'anàlisi .....	24
<b>7. TRACTAMENTS D'AIGÜES RESIDUALS</b>	<b>27</b>
7.1. Coagulació .....	27
7.1.1. Reactius coagulants.....	29

7.1.2.	Dosificació de coagulant (ions de salts metàl·liques)	30
7.2.	Floculació	30
7.3.	Decantació	31
7.3.1.	Decantació estàtica	32
7.3.2.	Decantació per contacte de fangs	33
7.3.3.	Decantació laminar	34
7.4.	Deshidratació dels fangs	35
7.4.1.	Filtració al buit	35
7.4.2.	Filtració a pressió	36
7.4.3.	Centrifugació	37
<b>8.</b>	<b>ESTUDI DELS EQUIPS ACTUALS</b>	<b>39</b>
8.1.	Dipòsit pulmó	39
8.2.	Dipòsit de tractament	40
8.3.	Agitador-motor del dipòsit de tractament	41
8.4.	Bomba: dipòsit de tractament – filtre premsa	42
8.5.	Filtre premsa	43
<b>9.</b>	<b>POSSIBILITATS DE TRACTAMENT</b>	<b>45</b>
9.1.	Tractament químic	45
9.2.	Freqüència i equipaments	47
9.2.1.	Tractament únic per setmana	47
9.2.2.	Tractament dues vegades per setmana	47
<b>10.</b>	<b>DIMENSIONAMENT DELS EQUIPS</b>	<b>49</b>
10.1.	Sistema de canonades i bomba	49
10.1.1.	Canonades	49
10.1.2.	Bomba	50
10.2.	Alternativa 1	53
10.2.1.	Dipòsit pulmó	54
10.2.2.	Decantador estàtic laminar	54
10.2.3.	Centrífuga decantadora	55
10.3.	Alternativa 2	56
10.3.1.	Dipòsit pulmó	56
10.3.2.	Decantador de fons troncocònic	56
10.3.3.	Agitador	57
10.3.4.	Filtre premsa	59
<b>11.</b>	<b>GESTIÓ DE L'EQUIPAMENT</b>	<b>61</b>
11.1.	Alternativa 1	61

11.2. Alternativa 2 .....	63
<b>12. ESTUDI ECONÒMIC .....</b>	<b>65</b>
12.1. Pressupost d'instal·lació .....	65
12.1.1. Alternativa 1 .....	65
12.1.2. Alternativa 2 .....	66
12.2. Pressupost de gestió .....	67
12.2.1. Alternativa 1 .....	67
12.2.2. Alternativa 2 .....	68
12.3. Cost d'enginyeria del projecte.....	69
12.4. Viabilitat econòmica del projecte .....	70
12.4.1. Alternativa 1 .....	70
12.4.2. Alternativa 2 .....	71
<b>13. ESTUDI D'IMPACTE AMBIENTAL .....</b>	<b>73</b>
13.1. Alternativa 1 .....	73
13.2. Alternativa 2 .....	75
<b>14. PROCÉS DE TRACTAMENT ESCOLLIT .....</b>	<b>77</b>
<b>15. PROGRAMACIÓ DEL PROJECTE .....</b>	<b>79</b>
<b>16. CONCLUSIONS .....</b>	<b>81</b>
<b>AGRAÏMENTS .....</b>	<b>83</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>85</b>
<b>ÍNDEX DE FIGURES .....</b>	<b>89</b>
<b>ÍNDEX DE TAULES .....</b>	<b>91</b>

## Glossari

<b>Argila</b>	Roca detrítica de gra molt fi, constituïda majoritàriament per minerals de les argiles.
<b>Caolí</b>	Argila de color blanc, constituïda gairebé exclusivament per caolinita, formada per l'alteració dels feldspats i usada per a fer la pasta de la porcellana.
<b>Col-loide</b>	Substància que es dispersa lentament en el si d'un fluid.
<b>E-Factor</b>	El factor E és la quantitat real de residus produïts en el procés en relació a la quantitat de producte desitjat
<b>ENAC</b>	Entitat Nacional d'Acreditació
<b>Feldspat</b>	Grup de tectosilicats, aluminosilicats de potassi, sodi, calci o, més rarament, d'amoni, bari o plom, que cristal·litzen en els sistemes monoclínic o triclínic i són minerals essencials molt abundants a les roques ígnies i metamòrfiques.
<b>Flòcul</b>	Agregat de partícules en suspensió que es poden separar del si del fluid per sedimentació o filtració.
<b>Polieletròlit</b>	Floculant polimèric sintètic
<b>Quars</b>	Mineral del grup de la sílice, de fórmula $\text{SiO}_2$ , que cristal·litza en la classe trigonal enantiomorfa i és d'una gran duresa.
<b>TIR</b>	Taxa Interna de Rendibilitat
<b>VAN</b>	Valor Actual Net

## Nomenclatura

---

$A_{\text{canonada}}$	$m^2$	Àrea de secció de la canonada
$D_T$	$m$	Diàmetre dipòsit
$D_T$	$m$	Diàmetre dipòsit
$D_h$	$m$	Diàmetre hèlix
$D_h$	$m$	Diàmetre de l'hèlix de l'agitador
$D_p$	$m$	Diàmetre de la partícula
$F_d$	$N$	Força descendent

$F_f$	$N$	Força de flotació
$F_{freg}$	$N$	Força de fregament
$H$	$m$	Altura manomètrica total
$H_g$	$m$	Altura geomètrica
$K$	—	Factor de pèrdues càrrega singulars
$L$	$m$	Longitud de la canonada
$N_p$	—	Número de potència de l'agitador
$P$	$W$	Potència
$P_{cor}$	$W$	Potència corregida
$P_c$	$m$	Pèrdues de càrrega
$Q$	$m/s^3$	Cabal volumètric
$V_c$	$m^3$	Volum de la part cònica del dipòsit
$V_l$	$m^3$	Volum total ocupat pel fluid
$a$	$m^2$	Àrea de secció de la partícula normal en la direcció de caiguda
$d_{canonada}$	$m$	Diàmetre interior de la canonada
$f$	—	Factor de pèrdues de càrrega lineals
$g$	$m/s^2$	Acceleració de la gravetat
$h_c$	$m$	Altura de la part cònica del dipòsit
$n$	$rev/s$	Revolucions del motor de l'hèlix
$p_f$	$N/m^2$	Pressió final
$p_i$	$N/m^2$	Pressió inicial
$u$	$m/s$	Velocitat de caiguda
$u_f$	$m/s^2$	Velocitat del fluid
$v$	$m^3$	Volum
$z_f$	$m$	Altura final
$z_i$	$m$	Altura al punt i

$z_i$	$m$	Altura inicial
$z_l$	$m$	Altura aigua dins el dipòsit
$\gamma$	$N/m^3$	Pes específic del fluid
$\epsilon_{acer}$	$mm$	Rugositat absoluta de l'acer
$\epsilon_{relativa}$	$mm$	Rugositat relativa
$\mu$	$kg/m \cdot s$	Viscositat dinàmica del líquid
$\nu$	$m^2/s$	Viscositat cinemàtica del líquid
$\rho$	$kg/m^3$	Densitat del líquid
$\rho_f$	$kg/m^3$	Densitat dels fangs finals
$\rho_p$	$kg/m^3$	Densitat de la partícula
$Re$	—	Número de Reynolds
$\theta(Re)$	—	Funció del número de Reynolds





# 1. Introducció

El projecte que s'exposa a continuació està integrat en el procés de posada en marxa d'una nova empresa. Es tracta d'una empresa de ceràmica sanitària anomenada Fénix Cerámicas S.L. especialitzada en la fabricació de peces de lavabo, rentacaps i bols dentals. És una empresa jove, amb aproximadament un any i mig de vida que poc a poc va posant en ordre totes les instal·lacions per tal de poder créixer cada vegada més.

Concretament, el projecte vol donar una visió tècnica de la gestió de les aigües residuals del procés de fabricació de les peces ceràmiques i formalitzar un procés de depuració i de gestió dels residus resultants.

## 1.1. Origen del projecte

El projecte de disseny de la depuradora, neix de la necessitat de l'empresa d'assolir uns paràmetres de depuració òptims segons la legislació vigent. El projecte vol centrar-se en les aigües residuals obtingudes del procés industrial de la ceràmica sanitària. De manera que en una primera fase es tindrà una visió global de tot el procés per poder conèixer millor la línia d'esmaltat, que és la principal font d'aigües residuals, i poder adaptar al màxim el procés de depuració a les necessitats específiques de l'empresa.

En el dimensionament de la depuradora s'ha tingut en compte l'actual creixement de l'empresa, de manera que el dimensionament estarà dissenyat per tal de poder augmentar la producció sense que la qualitat de l'aigua de sortida es vegi perjudicada, tenint en compte el volum màxim de producció que l'empresa té en ment a llarg termini.

## 1.2. Objectius del projecte

Determinar un procés químic per reduir la càrrega contaminant de l'aigua residual mitjançant un procés de depuració.

Dissenyar alternatives d'estació depuradora pel que fa als equips, i a la seva distribució dins la planta.

Definir-ne els processos de tractament, el seu funcionament i la gestió dels residus conseqüents a la depuració de l'aigua.

Identificar l'alternativa més adequada per dur a terme aquest procés.

Detallar-ne l'impacte ambiental del seu funcionament.

### 1.3. Abast del projecte

L'abast del projecte serà definir la proposta de procés de depuració de la fàbrica a nivell tècnic i d'estimació del cost d'inversió i de funcionament per tal que l'empresa pugui prendre una posterior decisió per tal de reduir la càrrega contaminant de les aigües.

En el disseny de les alternatives de depuració es consideraran els equipaments actuals de què disposa la planta per tal de poder-los aprofitar sempre que sigui possible. Ara bé tenint en compte que eren uns equipaments de l'anterior propietari i que han estat obtinguts a partir del lloguer complet de la planta, en el pressupost d'inversió, no es tindran en compte.

És per aquest motiu que, de forma més concreta es duran a terme les següents accions:

- Estudi de l'aigua residual de la planta
- Estudi dels possibles processos de depuració
- Estudi dels equips actuals de què disposa la fàbrica
- Elecció del procés de depuració més idoni en funció de l'estat actual de l'aigua
- Dimensionament de la planta de depuració segons el volum d'aigua a tractar
- Estudi econòmic d'inversió i gestió de les alternatives proposades
- Estudi d'impacte ambiental de les alternatives proposades
- Elecció de l'alternativa més adient

## 2. Situació actual

Aquest estudi forma part d'una primera fase del projecte on s'ha volgut conèixer l'entorn de la fàbrica, per tal de poder definir posteriorment la normativa aplicable referent sobretot als abocaments de les aigües i del tractament dels fangs resultants. També per tal de conèixer millor el procés global de producció de ceràmica sanitària.

### 2.1. Fénix Cerámicas S.L.

L'empresa Fénix Cerámicas S.L. té la seu al polígon industrial de Sant Andreu de la Barca, Barcelona. A la planta es du a terme tot el procés, des de la mescla de les matèries primeres fins a l'expedició passant fins i tot per la formació dels motlles de guix.

Actualment encara està en fases de creixement, però es vol arribar a una producció anual d'unes 4300 peces, i serà en base a aquest valor que es dimensionarà i dissenyarà la planta de tractament d'aigües residuals.

### 2.2. Procés de fabricació

El procés de fabricació de les peces de ceràmica es desenvolupa segons les següents etapes, tal com es mostra al diagrama de blocs de la *Figura 2.1*.

En un primer moment cal fer la barreja dels components per tal de formar la porcellana, que està formada per argila, quars, feldspat i caolí. Aquesta barreja es du a terme dins uns dipòsits amb agitació.

Un cop feta la barreja s'omplen els motlles de guix fabricats prèviament. Els motlles de guix es fabriquen a través d'una matriu de resina o d'un guix més resistent, fabricada per una empresa subcontractada, i s'ha de tenir en compte que a causa del desgast els motlles s'han de refer periòdicament (aproximadament cada cent colades). Aquest serà el primer punt de generació d'aigües, ja que durant la fabricació dels motlles serà necessari netejar-los.

Un cop els motlles son ples, es deixa reposar uns minuts per un primer assecat i es gira 180 ° i es deixa reposar uns minuts més per tal d'assolir la rigidesa mínima necessària per mantenir la forma final desitjada.

Aleshores es desemmotlla i es fa una primera inspecció per tal de descartar o reparar aquelles peces que hagin pogut patir algun desperfecte. Un cop passat aquest filtre es deixa assecar fins a assolir una humitat menor a l'11% i es passa a la línia d'esmaltat.

La línia d'esmaltat serà el segon punt de generació d'aigües, i proporcionalment la de més volum de sortida. En aquest cas les aigües provindran de la cortina creada per absorbir els esmalts sobrants a l'hora de ser polvoritzats damunt les peces de ceràmica.

Un cop la peça estigui esmaltada es fa una segona inspecció visual i es cou durant 16 hores entre 1210-1230°C. Tot seguit es fa la última inspecció abans d'emblar i expedir.

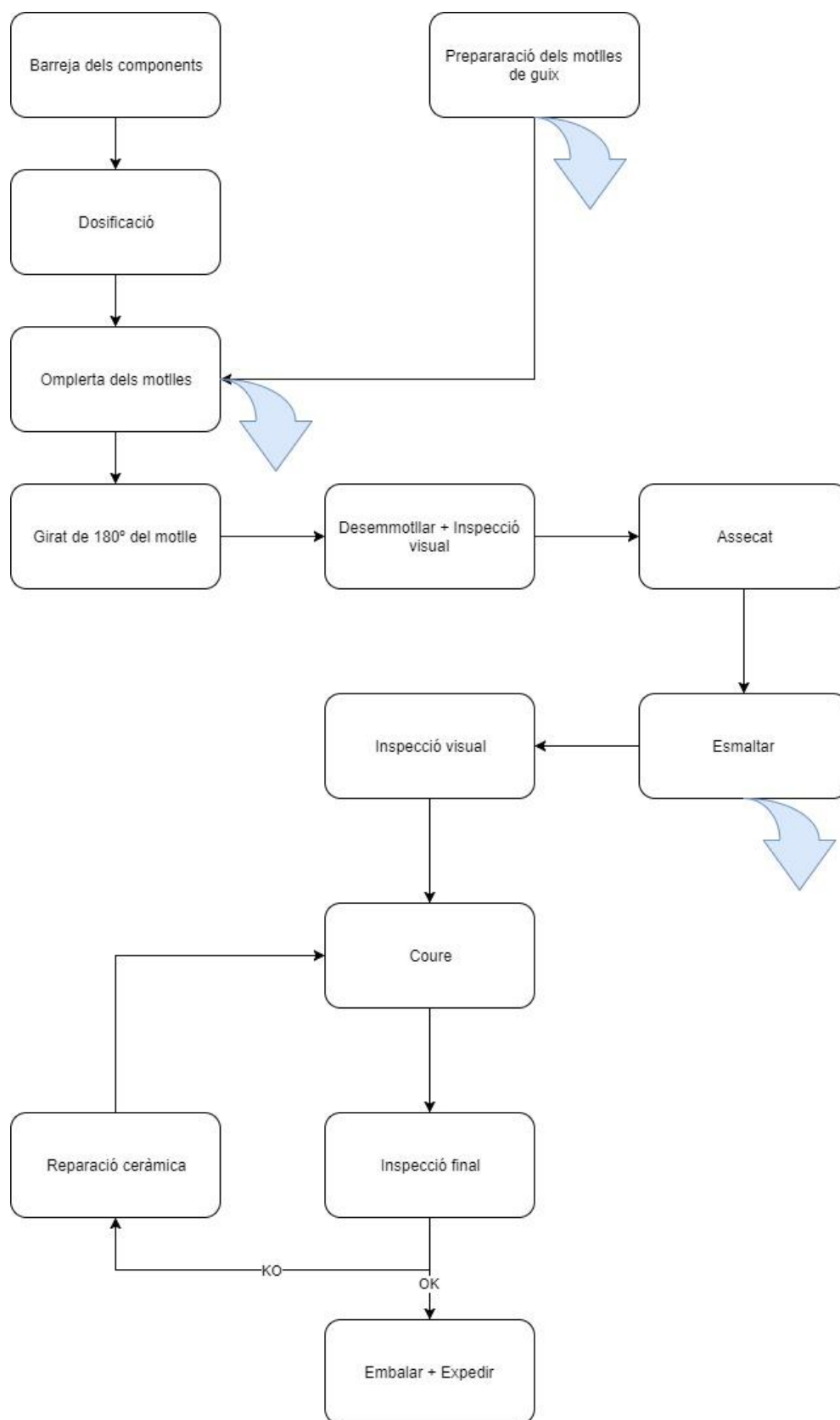


Figura 2.1 Procés de fabricació

## 2.3. Balanç de matèria i E-factor

A continuació es presenta el balanç de matèria del procés global de fabricació de les peces de ceràmica per una freqüència mensual. El balanç es presenta a la *Taula 2.1* on a l'esquerra es mostra la massa d'entrada en quilograms de les diferents matèries primeres, tot seguit a la columna central els passos del procés a seguir i finalment a l'esquerra els quilograms de sortida dels residus. Finalment, al capdavall hi ha un recopilatori total de les matèries utilitzades i també la quantitat de producte final obtingut.

Així doncs, seguint els càlculs realitzats a la *Taula 2.1*, durant un mes, per un total de 22000 kg de matèries primeres, tenint en compte només la porcellana i l'esmalt, s'obtenen un total 20900 kg en peces finals, el que serien aproximadament unes 390 peces.

### E-Factor

S'ha fet atenció en la generació de residus del procés global, i és per aquest motiu que s'ha calculat l'índex E-factor per tal de representar quina és la proporció de residus del procés global.

L'E-factor pot estar entre zero i infinit sent zero la millor opció perquè això significa que el procés no genera residus. En aquest procés s'obté un E-Factor al voltant de 2, és a dir, produeixen el doble de residus que de producte acabat.

$$E - Factor = \frac{Massa\ residual}{Massa\ dels\ productes\ finals} \quad (1)$$

$$E - Factor = \frac{44985}{20900} = 2.15 \quad (2)$$

Massa (kg)	Entrada	Passos		Massa (kg)	Sortida
20000 8571	Porcellana Aigua	→ →	<div>Barreja components</div> <div>28571 kg</div> <div>↓</div> <div>Dosificació</div> <div>28571 kg</div> <div>↓</div>		
6000 7980 4000	Guix Aigua Aigua	→ → →	<div>Preparació motlles (+ Evaporació)</div>	→ → →	6000 Guix 7980 Aigua <b>4000 Aigua</b>
4000	Aigua	→	<div>Omplerta de motlles</div> <div>28571 kg</div> <div>↓</div> <div>Desemmotllar</div> <div>28571 kg</div> <div>↓</div> <div>Assecat</div> <div>19757 kg</div> <div>↓</div>	→      →	<b>4000 Aigua</b>      1100 Pasta 7714 Aigua
2000 1333	Esmalt Aigua	→ →	<div>Preparació esmalt</div> <div>3333 kg</div>		
16000	Aigua	→	<div>Esmaltat</div> <div>23090 kg</div> <div>↓</div> <div>Cocció</div> <div>↓</div>	→   →	<b>16000 Aigua</b>   2190 Aigua
Massa (kg)	Matèries Primeres	kg Producte		Massa (kg)	Sortida
20000 2000 6000 37885	Porcellana Esmalt Guix Aigua	20900 Peces finalitzades (Aprox. 390 peces)		1100 6000 37885	Peces rebutjades Guix Aigua
65885	Total	20900	Total	44985	Total

*Taula 2.1 Balanç de matèria*





### 3. Punts de sortida d'aigües contaminades

A continuació es descriuran els punts del procés de fabricació de la ceràmica on hi ha producció d'aigües industrials a tractar. Per ordre de volum d'aigua generada, el primer és la línia d'esmaltat, seguit de la zona de fabricació de motlles i finalment la zona de colat.

#### 3.1. Línia d'esmaltat

Les aigües resultants del procés d'esmaltat recolliran l'excés d'esmalt en el procés de pulverització de les peces de ceràmica de manera que és important tenir en compte que una petita quantitat d'esmalt acabarà a l'aigua i que per tant els seus components seran presents en la composició final de l'aigua. [Annex 1.2]

El volum d'aigua estimat, en una producció finalment desitjada, tenint en compte que actualment l'empresa està en fase de desenvolupament, està calculat per uns 4 m<sup>3</sup> a la setmana. Aquest volum d'aigua és discontinu i periòdic per setmana. És a dir, durant la setmana es recircularan 4 m<sup>3</sup> d'aigua pel circuit tancat de les cabines d'esmaltat i serà a finals de cada setmana on es durà a terme el canvi d'aigües.



Figura 3.1 Cortines de la línia d'esmaltat

#### 3.2. Línia de fabricació de motlles

En la fabricació de motlles és necessari netejar les matrius i la zona de treball de forma periòdica, tot i que no son necessaris grans volums d'aigua per fer-ho. I per tant la proporció de guix o de porcellana present a les aigües resultant serà molt baixa.

En aquest cas el volum esperat és de com a màxim 1 m<sup>3</sup> per setmana en el moment en què la fàbrica estigui en ple funcionament. En aquest cas la recollida d'aigua també s'espera de forma discontinua i periòdica per setmana.



*Figura 3.2 Dipòsit de guix per la fabricació dels motlles*

### 3.3. Zona de colat

En el procés de colat es necessitarà també utilitzar l'aigua per tal de netejar les canonades i els recipients amb la mescla de matèries primeres. Per aquest motiu els components de la porcellana seran presents en la composició final de l'aigua. [Annex 1.1]

En aquest cas per a la neteja setmanal de la zona de colat, està previst un consum d'aigua de com a màxim 1 m<sup>3</sup>, ja que només serà necessari fer el manteniment un cop per setmana. La recollida serà també de forma discontinua i periòdica per setmana.

## 4. Normativa aplicable

Pel que fa a la normativa aplicable al projecte es diferenciarà en dos grans grups: un primer en relació a la normativa pels abocaments d'aigües residuals, i un segon en relació a la gestió dels fangs resultants de l'estació depuradora. En ambdós casos es tindrà en compte la legislació espanyola, catalana i municipal segons les seves competències.

### 4.1. Normativa d'abocaments d'aigües residuals

Per tal de complir les especificacions de la qualitat de l'aigua en l'abocament hi ha normatives que en defineixen els paràmetres fisicoquímics. Existeixen diferents administracions que tenen competències en matèria de l'ús de l'aigua, Reglament Europeu, Estatal, Autonòmic, Regional i fins i tot pot haver-n'hi de municipal. La normativa aplicable al projecte es mostra a continuació per ordre de competències.

#### 4.1.1. BOPB 9 febrer 2015 Reglament metropolità d'abocament d'aigües residuals

Aquest Reglament té per objecte l'ordenació i la intervenció administrativa de la utilització, manteniment i conservació del servei públic de sanejament, que comprèn les xarxes de clavegueram de titularitat municipal i la xarxa metropolitana de sanejament de la qual és titular l'Àrea Metropolitana de Barcelona. [1]

També s'hi especifica que en els sistemes de Gavà-Viladecans (I) i de Sant Feliu de Llobregat (VI), al qual es troba Sant Andreu de la Barca, hi ha certs contaminants els límits d'abocament dels quals és més restrictiu i queda especificat a la *Taula 4.1*.

Límits específics pels sistemes I i VI	
Coure	1 mg/l
Crom total	1 mg/l
Zinc	4 mg/l
Níquel	2 mg/l

*Taula 4.1 Límits excepcionals pels sistemes Gavà-Viladecans i Sant Feliu de Llobregat [1]*

Els límits d'abocament restants, s'estableixen tal i com s'indica en l'annex I i II d'aquesta norma, en el decret 130/2003, del 13 de maig de la Generalitat de Catalunya que s'exposa a continuació.

#### **4.1.2. DECRET 130/2003, de 13 de maig, pel qual s'aprova el Reglament dels serveis públics de sanejament**

En el cas de la planta depuradora d'aigües del procés d'esmaltat de peces ceràmiques, la normativa, en els annexos I i II, proposa límits per a tot tipus de substàncies probables de ser abocades, en aquest cas, per al procés a estudiar, es posa èmfasi en les matèries sòlides o en suspensió. [2]

També estableix segons les directives 91/271/CEE i 2000/60/CE els límits d'abocaments per diverses substàncies especificades.

#### **4.1.3. REIAL DECRET LEGISLATIU 1/2001, de 20 de juliol, pel qual s'aprova el text refós de la Llei d'aigües. («BOE» 176, de 24-7-2001.)**

És objecte d'aquesta Llei la regulació del domini públic hidràulic, de l'ús de l'aigua i de l'exercici de les competències que l'Estat té atribuïdes en les matèries relacionades amb el domini esmentat en el marc de les competències que delimita l'article 149 de la Constitució. [3]

A l'article 101 determina que l'administració hidràulica competent a Catalunya és l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA). La qual determina els seus paràmetres al decret 130/2003 especificat anteriorment.

El present reial decret es basa en les directives europees 91/271/CEE sobre el tractament d'aigües residuals urbanes i 2000/60/CE on s'estableix un marc comunitari d'actuació en l'àmbit de la política d'aigües.

### **4.2. Normativa de gestió de fangs**

D'altra banda, pel que fa a la gestió dels fangs resultants del procés de depuració de l'aigua principalment s'ha de seguir la normativa de l'Agència Catalana de Residus que és l'organisme que té les competències a Catalunya.

Així doncs, tenint en compte el Catàleg de Residus de Catalunya [4], un cop determinat el procés de tractament, es determinarà quin tipus de residu és l'obtingut i quina és la gestió que se n'ha de fer.

## 5. Tipus de contaminants

Tenint en compte els punts de recollida d'aigua, i un cop analitzades les matèries amb les quals entra en contacte l'aigua, els contaminants presents a les aigües seran principalment els sòlids en suspensió i els metalls pesants, però en una proporció molt més baixa. També haurà de ser controlada la duresa i l'alcalinitat de l'aigua ja que la matèria principal de la ceràmica són les sorres i les argiles.

### 5.1. Sòlids en Suspensió

Es classifiquen en sòlids totals (residu després de la evaporació de l'aigua a 105° C) i sòlids filtrables (residu retingut en un filtre d'assecat a 105°C). El contingut total de matèria sòlida a l'aigua, tant orgànica com inorgànica, es coneix com a sòlids totals. Aquests sòlids poden classificar-se segons sòlids dissolts o sòlids en suspensió. [5] [6]

D'una banda, els sòlids dissolts no sedimenten i es troben a l'aigua en estat iònic o molecular. I d'altra banda, els sòlids en suspensió que poden ser sedimentables o no sedimentables. Els sedimentables, són aquells que a causa del seu pes poden sedimentar fàcilment. Mentre que els no sedimentables, són els que no sedimenten fàcilment a causa del seu pes o del seu estat col·loïdal i per tant són els que es tracten amb coagulants per tal de facilitar-ne la sedimentació.

### 5.2. Metalls Pesants

Es consideren pesants aquells metalls amb una densitat sis vegades superior a la del aigua. Els més coneguts són el cadmi, el mercuri, el coure i el níquel, tot i que n'hi ha d'altres que també són presents en les aigües residuals. Poden ser tòxics per els éssers vius a petites concentracions i degut a la baixa biodegradabilitat s'acumulen en els organismes vius augmentant la seva concentració a mesura que ascendeix per la piràmide tròfica. [5]

Pel que fa al seu tractament quan són presents a les aigües residuals normalment si el seu excés no és molt elevat precipiten juntament amb les partícules en suspensió quan es tracten amb coagulants i floculants, mentre que si l'excés és molt superior calen tractaments específics per cada metall.

### 5.3. Alcalinitat

L'alcalinitat es defineix com la capacitat per neutralitzar els àcids. La alcalinitat de les aigües superficials depenen primordialment del seu contingut en carbonats, bicarbonats i hidròxids i es mesura en ppm (parts per milió) de carbonat càlcic. [5]

### 5.4. Duresa

La duresa de l'aigua ve determinada pel seu contingut o nivell de compostos naturals de calci i magnesi. La duresa és la responsable de la formació de incrustacions que perjudiquen les instal·lacions. Es mesura en ppm de carbonat càlcic. Les aigües amb un alt contingut en calci i magnesi es consideren dures, mentre que les que en tenen un contingut baix es consideren toves i es poden classificar en segons l'escala de Merck especificada a la Taula 5.1. [5] [7]

Aigua molt tova	0 - 79 mg/l CaCO <sub>3</sub>
Aigua tova	80 - 149 mg/l CaCO <sub>3</sub>
Semi-dura	150 - 329 mg/l CaCO <sub>3</sub>
Dura	330 - 549 mg/l CaCO <sub>3</sub>
Molt dura	> 550 mg/l CaCO <sub>3</sub>

*Taula 5.1 Classificació de l'aigua segons la seva duresa [7]*

## 6. Anàlisi de les aigües residuals

Un cop estudiats els contaminants principals que s'espera trobar a les aigües residuals, es fa una anàlisi físico-química en una entitat registrada per l'ENAC per tal de conèixer la qualitat actual de les aigües a tractar.

Per tal de fer les anàlisis es demanen pressupostos als laboratoris de la zona i finalment s'escull el Laboratori de L'Àrea Metropolitana de Barcelona una entitat registrada a l'ENAC i que per tant realitza les anàlisis segons la normativa. [8] El preu de les anàlisis realitzades estarà reflectit al *Capítol 12*.

### 6.1. Substàncies analitzades

Les substàncies a analitzar estan especificades a la *Taula 6.1* i s'han determinat tenint en compte la normativa ja especificada al *Capítol 4* i les composicions de la porcellana i l'esmalt utilitzats durant el procés de fabricació.

Substàncies analitzades
pH
Conductivitat
Terbolesa
Matèries sòlides en suspensió
DQO decantada
DQO no decantada
Amoni
Nitrogen Kjeldhal
Alcalinitat
Duresa
Bloc metalls 1( Al, B, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Zn)
Bloc metalls 3 (Calci, Sodi, Magnesi, Potassi)
Mercuri
Matèries Inhibidores
Residu Sec
Silici

*Taula 6.1 Anàlisis realitzades*

De l'anàlisi proposada cal destacar el grup de metalls, del Bloc Metalls 1, segons les composicions químiques proporcionades pels fabricants només s'hauria de trobar presència de Alumini, Ferro i Zinc. Ara bé es també necessari comprovar que no hi ha la presència de



Níquel un metall molt contaminant. Alhora també es necessari conèixer quina és la proporció d'Alumini i de Ferro ja que hi ha diversos floculants en els quals hi són presents i per tant es vol conèixer quina és la proporció de partida, per així poder prendre una decisió en funció de la quantitat present actualment.

D'altra banda també s'ha inclòs l'anàlisi del Mercuri, un metall molt contaminant i controlat, per comprovar que no hi és present. Es farà especial atenció en el Coure, el Crom, el Zinc i el Níquel ja que són els metalls més restrictius a la Zona de Sant Feliu de Llobregat tal com s'especifica en el BOPB del Reglament Metropolità d'Abocaments d'Aigües Residuals. [1]

Pel que fa a la porcellana el metall més present és el Silici i per aquest motiu s'ha inclòs al seu anàlisi. Ara bé a les aigües residuals la seva presència hauria de ser baixa ja que gairebé no hi entra en contacte.

Finalment s'ha inclòs també aquells anàlisis físics bàsics com ara el pH, la conductivitat, la terbolesa, la duresa i l'alcalinitat.

## 6.2. Resultat de l'anàlisi

Els resultats de les anàlisis que es mostren a la *Taula 6.2* mostren la majoria de paràmetres dins els valors esperants i estan dins els límits segon la normativa vigent, ara bé hi ha certs aspectes a comentar com ara les matèries en suspensió i alguns metalls pensants. De manera que tenint en compte els resultats obtinguts s'haurà de dissenyar un tractament físic i inorgànic.

En primer lloc, les matèries en suspensió superen en escreix el màxim permès de manera que el procés de depuració haurà de fer-hi especial atenció. En segon lloc, hi ha diversos metalls pensats que sobrepassen el límit permès com ara el Bor, l'Alumini o el Zinc, i per tant s'hi haurà de fer atenció a l'hora de determinar el procés químic de tractament.

Finalment pel que fa als elements presents a la porcellana i a l'esmalt, els valors obtinguts de Sodi i de Fòsfor entren dins els rangs habituals de les aigües residuals i el Silici tot i estar present a les aigües analitzades, és també un element abundant a la terra i fàcilment autoregurable per la natura. [9]

Paràmetre	Resultat	Unitats	Valor Límit
pH	8.7	u.pH	6 < pH < 10
Conductivitat (20°C)	646	µS/cm	
Conductivitat (25°C)	721	µS/cm	< 6000
Terbolesa	442	NTU	
Matèries en Suspensió	23588	mg/l	< 750 !
DQO Decantada	464	mg/l	
DQO No Decantada	625	mg/l	< 1500
Amoni	<5	mg/l	< 60
Nitrogen Orgànic i Amoniacal	<4	mg/l	< 90
Alcalinitat (CaCO <sub>3</sub> )	299	mg/l	
Duresa (CaCO <sub>3</sub> )	2889	mg/l	
Alumini total	30.4	mg/l	< 20 !
Bor total	11.7	mg/l	< 3 !
Cadmi total	<0.05	mg/l	< 0.5
Crom total	<0.05	mg/l	< 1
Coure total	0.18	mg/l	< 1
Ferro total	5.15	mg/l	< 10
Manganès total	0.49	mg/l	< 2
Níquel total	0.06	mg/l	< 2
Zenc total	4.57	mg/l	< 4 !
Mercuri total	4.8	µg/l	
Sodi	138	mg/l	
Potassi	19	mg/l	
Carbonats	< 0.5	mg/l	
Bicarbonats	365	mg/l	
Fòsfor total	2.0	mg/l	< 50
Silici	208.2	mg/l	
Sòlids Totals-Residu sec 105°	23318	mg/l	
Mat. Inhibidores (15 min)	<2	Equitox	< 25

Taula 6.2 Resultats de les anàlisis



## 7. Tractaments d'aigües residuals

Els processos de tractament se centraran en els sòlids en suspensió i l'eliminació dels metalls pesants. Per aquest motiu, el sistema de depuració d'aigües es basarà en els tractaments primaris, és a dir aquells de caràcter físic i químic, i no tant en els secundaris, focalitzats en els tractaments biològics.

En el cas de les partícules en suspensió, el sistema físico-químic és el més adient ja que es basa en el procés de coagulació-floculació. Aquest procés consisteix a eliminar les partícules que degut a la seva petita grandària son incapaces de separar-se per l'acció de la gravetat. Aquestes petites partícules denominades partícules col·loïdals es caracteritzen per tenir càrrega elèctrica que els proporciona una gran estabilitat. Durant el procés de desestabilització i decantació el metalls pensants, a causa del seu elevat pes específic també seran precipitats i per tant eliminats de l'aigua. [10]

Aquest tractament consta de diverses etapes, les quals es poden dur a terme mitjançant diferents equips o procediments. Les etapes principals són la coagulació, la floculació, la decantació, la deshidratació dels fangs i finalment el seu tractament.

### 7.1. Coagulació

El procés de coagulació consisteix a addicionar determinats compostos químics (de càrrega oposada a la dels col·loïdes) per tal de provocar-ne la neutralització de les càrregues elèctriques i reduir les forces que les mantenen en equilibri dins l'aigua. De manera que les partícules resultants queden preparades per tal de ser decantades o surades posteriorment.

En el procés de coagulació s'aconsegueix la desestabilització o neutralització de les càrregues elèctriques mitjançant la dosificació de reactius químics i agitació vigorosa, per afavorir la barreja ràpida i íntima entre l'aigua residual i el reactiu en el menor temps possible i que es dugui a terme la reacció corresponent, normalment aquesta acció acostuma a ocupar uns dos o tres minuts. Quan la superfície d'una partícula adquireix càrrega elèctrica, alguns ions de càrrega contrària s'adhereixen a la superfície i queden retinguts gràcies a forces electrostàtiques i de Van der Waals.

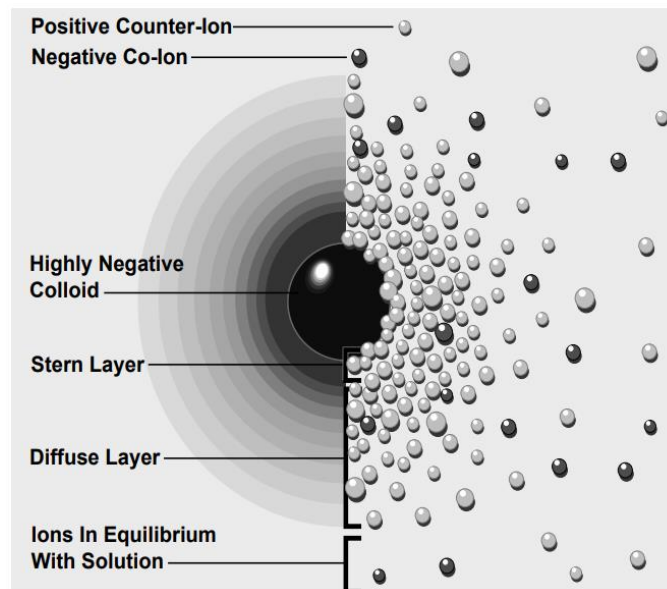


Figura 7.1 Dues maneres de visualitzar la doble capa [11]

Aquest fenomen s'explica amb el model de la doble capa i a més a més permet explicar l'atmosfera iònica pròxima al col·loide. Inicialment, l'atracció del col·loide negatiu fa que alguns ions positius formin una capa rígida adjacent al voltant de la superfície del col·loide; aquesta capa de contra-ions és coneguda com la capa de Stern. Altres ions positius addicionals són encara atrets pel col·loide negatiu, però aquests són ara rebutjats per la capa de Stern, així com per altres ions positius que intenten acostar-se al col·loide. Aquest equilibri dinàmic resulta en la formació d'una capa difusa de contra-ions. Els contra-ions tenen una alta concentració prop de la superfície, la qual disminueix gradualment amb la distància, fins que s'aconsegueix un equilibri amb la concentració dels contra-ions en el si de la dissolució. [11]

El col·loide negatiu i la seva atmosfera carregada positivament produeixen un potencial elèctric relatiu a la solució. Aquest té un valor màxim en la superfície i disminueix gradualment amb la distància, aproximant-se a zero fora de la capa difusa. Un punt de particular interès és el potencial on s'uneixen la capa difusa i la de Stern. Aquest potencial és conegut com el potencial zeta.

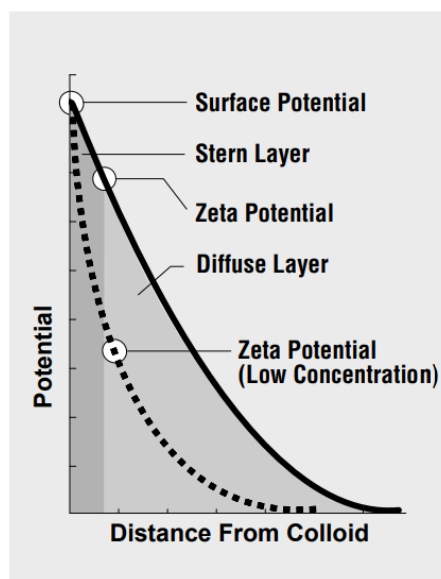


Figura 7.2 Potencial en funció de la distància al col·loide [11]

### 7.1.1. Reactius coagulants

El procés de coagulació es pot realitzar per tres diferents tipus de coagulants, que són l'addició d'ions, de polielectròlits o de sals metàl·liques.

En primer lloc, si s'afegeixen ions, ells mateixos reaccionen amb la superfície del col·loide i en conseqüència disminueixen el seu potencial. La dosificació d'un electròlit fort dona lloc a una millor concentració iònica i en conseqüència a una disminució del potencial.

En segon lloc, els polielectròlits es divideixen en dos grans famílies, d'acord amb el seu origen, per una banda els d'origen natural, com poden ser el midó, la cel·lulosa i els alginats i per l'altre els d'origen sintètic, formats per monòmers simples que es polimeritzen formant cadenes de molt alt pes molecular. D'acord amb la càrrega dels polímers aquests poden ser aniònics, catiònics i no iònics.

Finalment, quan una sal metàl·lica, fonamentalment d'alumini o ferro s'afegeix a l'aigua, s'originen una sèrie de reaccions d'hidròlisi, formant-se un conjunt de substàncies de tipus complex de càrregues multivalents, que són els responsables del procés de coagulació. Els reactius utilitzats generalment són sals metàl·liques de cations amb alta càrrega iònica, de manera que com més gran sigui la càrrega del catió i menor el radi iònic millor serà el rendiment de l'operació. [6]

### 7.1.2. Dosificació de coagulant (ions de salts metàl·liques)

La dosificació de coagulant segueix, de forma general la distribució presentada a la *Figura 7.3*. Aquesta figura representa la terbolesa residual després de la coagulació en funció de la dosi de coagulant afegit. La dosificació se separa en quatre zones, on es vol representar l'evolució de la quantitat de partícules en suspensió en funció del coagulant afegit.

A la zona 1, no s'ha afegit coagulant suficient per desestabilitzar les partícules col·loïdals, tot i que es pot produir alguna càrrega superficial de la reacció a causa de la presència a coagulant. A la zona 2, les partícules col·loïdals han estat desestabilitzades per l'adsorció d'espècies d'hidròlisi mono- i polinuclears, i permeten la floculació i la sedimentació, la terbolesa residual es reduirà. A la zona 3, a mesura que s'agrega més coagulant, la càrrega superficial de les partícules s'ha invertit a causa de la continuada adsorció d'espècies d'hidròlisi mono- i polinuclears. A mesura que s'agrega més coagulant, s'arriba a la zona 4 on es formaran grans quantitats d'hidròxid. Les partícules col·loïdals s'eliminaran per l'acció d'escombratge de les partícules de sediment i la terbolesa de l'aigua resultant disminuirà. La dosi de coagulant requerida per a qualsevol de les zones dependrà del tipus de partícules col·loïdals, del pH i de la temperatura de les aigües residuals. [10]

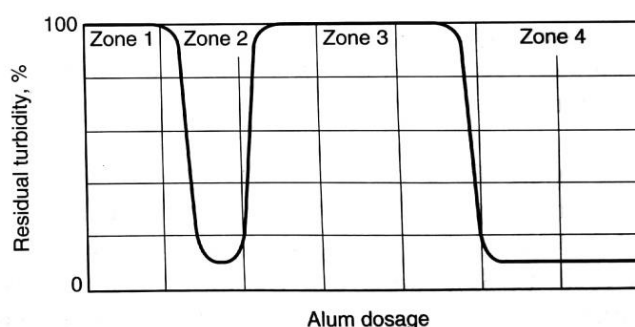


Figura 7.3 Dosificació de coagulant [10]

## 7.2. Floculació

Ara bé, si la mida de les partícules és molt petita, la seva decantació és molt difícil a causa de les forces de fregament que desenvolupen en passar les partícules a través de la massa d'aigua, aleshores és factible l'aglomeració d'aquestes partícules en altres de major grandària mitjançant la addició de determinats compostos químics. De manera que les partícules col·loïdals desestabilitzades comencen a contactar les unes amb les altres i s'estableixen ponts químics entre elles, de forma que s'aglutinen i formen petites masses anomenades flocs. La floculació requereix d'una agitació mitja o lenta durant aproximadament uns quinze o vint minuts per tal que entrin en contacte les partícules. Els reactius són polielectròlits catiónics o aniónics o no iònics de tipus natural o sintètic. [6]

Per tal de determinar la dosi de coagulant-floculant i si aquest últim és o no necessari en el procés de depuració es realitza el Jar-Test per tal d'identificar la mescla adequada de compostos químics i la seva concentració. La prova consisteix en tractar sis flascons idèntics d'aigua residual amb diverses dosis de coagulant-floculant i agitar-los a diferents velocitats conegudes, tot seguit es deixen reposar i finalment s'assequen. A partir dels valors obtinguts a petita escala de la terbolesa final o de l'aigua sobrenedant s'extreu la dosi òptima per cada cas concret. [12]

### 7.3. Decantació

Un cop els floculs ja estan formats es decanten. El procés de decantació es basa en la diferència de pes específic entre la partícula sòlida a separar i l'aigua, de tal manera que permeti que la matèria sedimentable es dipositi al fons de l'equip. La decantació de partícules pot ser estudiada mitjançant les lleis de Newton i Stokes, tenint en compte la intervenció de múltiples factors com són forma o mida de la partícula, viscositat del líquid, densitat de la partícula i fregament (numero de Reynolds). De manera que el resultat de la decantació serà una corrent sobrenedant d'aigua clara a la superfície dels equips i uns sòlids en forma de fangs al fons. [5] [6]

Suposant una partícula esfèrica de densitat  $\rho_s$  en el si d'un fluid en repòs de densitat  $\rho$  i viscositat  $\mu$ ; si  $\rho_s > \rho$  la partícula baixarà afectada per la força de la gravetat. Però si en el buit, aquesta partícula cau amb un moviment uniformement accelerat, no és així en el si d'un líquid ja que, en aquest cas s'oposen al moviment descendent dues forces; una la de flotació de la partícula i una altra la de fregament. La primera constant, però no la segona. Quan el balanç de forces ascendents i descendent es fa zero, el sòlid s'ha decantat o sedimentat, estant, el procés físic regit per l'equació de Stokes.

Per una banda, hi ha una única força descendent específica en l'Equació ( 3 ) la qual consisteix en la força com a conseqüència del pes de la partícula.

$$F_d = m \cdot g = \rho_s \cdot v \cdot g = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot \left(\frac{D_p}{2}\right)^3 \cdot \rho_p \cdot g = \frac{\pi}{6} \cdot D_p^3 \cdot \rho_s \cdot g \quad (3)$$

Per altra banda, hi ha dues forces ascendents, la primera que és la força de flotació de la partícula i que queda específica a l'Equació ( 4 ) i una segona que consisteix en la força de fregament entre la partícula i el fluid que queda especificada a l'Equació ( 5 ).

$$F_f = \frac{\pi}{6} \cdot D_p^3 \cdot \rho \cdot g \quad (4)$$

$$F_{freg} = a \cdot \rho \cdot u^2 \cdot \theta_1(Re) = \frac{\pi}{4} \cdot D_p^2 \cdot \rho \cdot u^2 \cdot \theta_1(Re) \quad (5)$$



En el moment en que s'igualen les forces ascendents amb la descendent, la velocitat de sedimentació es fa constant i s'anomena velocitat límit. Per poder operar amb aquesta equació es necessita conèixer el nombre de Reynolds. En aquest cas, es considera un règim laminar per la qual cosa el nombre de Reynolds es determinarà segons l'Equació (6).

$$Re = \frac{12}{Re} = \frac{12 \cdot \mu}{D_p \cdot u_1 \cdot \rho} \quad (6)$$

I així s'obté la fórmula de Stokes per calcular la velocitat límit, conegudes les característiques de la partícula i el medi. [13]

$$v_s = \frac{D_p^2 \cdot g \cdot (\rho_s - \rho)}{18 \cdot \mu} \quad (7)$$

Finalment, la decantació es pot diferenciar en tres grans tipus: la decantació estàtica, la decantació per contacte de fangs i la decantació laminar.

### 7.3.1. Decantació estàtica

La decantació estàtica es du a terme de forma intermitent, omplint un dipòsit en el qual l'aigua romangui en repòs i buidant a continuació la capa superior d'aigua fins a un nivell per sobre del dels fangs dipositats. Els decantadors petits tenen un fons amb una inclinació de 45 a 60 °, a fi de que els fangs puguin evacuar, de forma contínua o intermitent, per la seva part inferior.

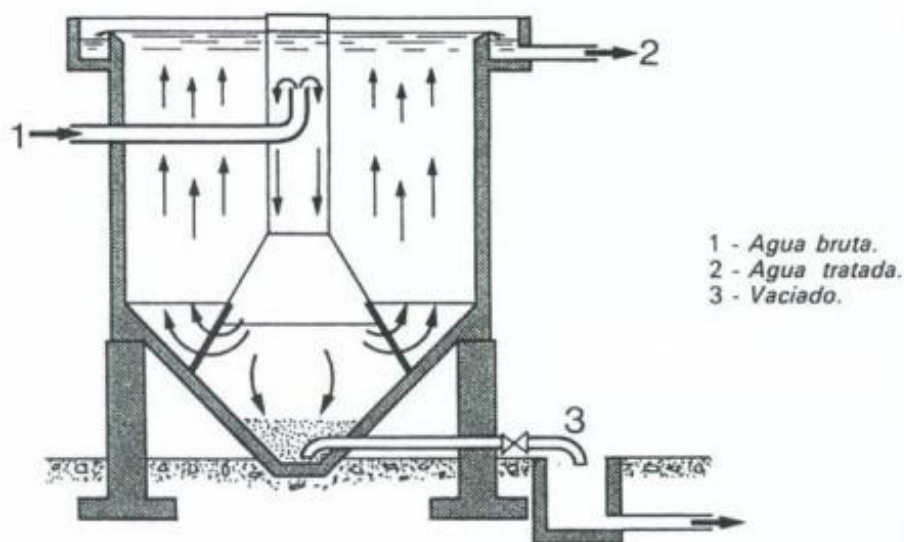


Figura 7.4 Esquema decantador estàtic [13]

### 7.3.2. Decantació per contacte de fangs

La decantació per contacte de fangs afavoreix la floculació i millora el rendiment, a més d'augmentar l'adsorció de substàncies dissoltes sobre els flocs ja formats. S'aconsegueix augmentant la concentració de flocs mitjançant un llit de fangs o recirculant part dels fangs formats.

En aquest tipus de decantació s'afegeix una quantitat de fang produït en processos anteriors, per augmentar la concentració de material sedimentable. Per assolir l'objectiu que el líquid entrant tingui un contacte el més eficient possible s'usen dues tècniques.

En primer lloc, el decantador conegut comercialment com el Turbocirculator, en què la recirculació de fangs es produeix mitjançant una hèlix, que gira a baixes revolucions per tal de no trencar els precipitats febles. [13] [14]

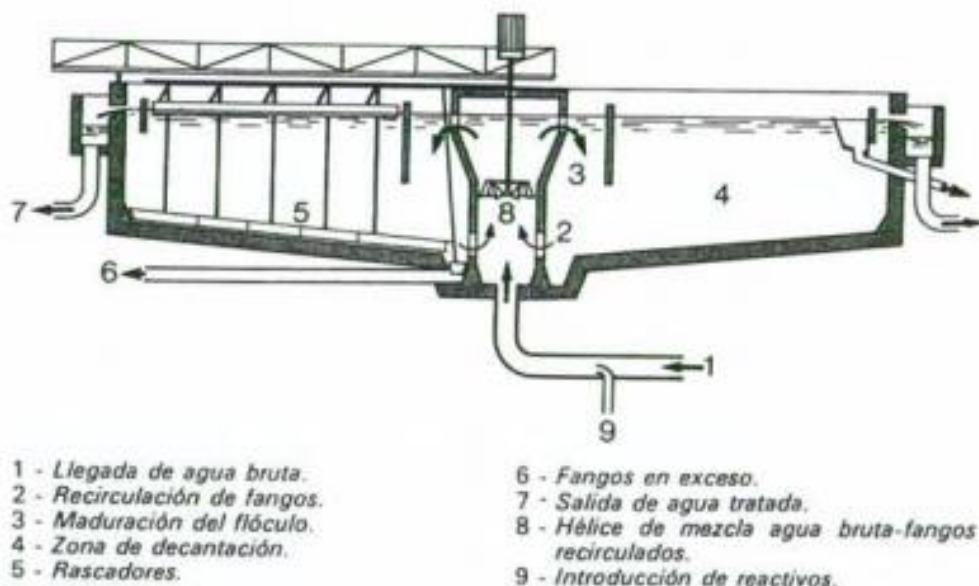


Figura 7.5 Esquema decantador Turbocirculator [13]

En segon lloc, el decantador conegut comercialment com el Pulsator, està constituït per un fons pla proveït de tubs perforats per distribuir uniformement part del líquid residual que és injectat amb la velocitat adequada. La zona d'injecció, tal com es representa a la *Figura 7.6*, consisteix a introduir el líquid residual en una campana on es fa el buit. En obrir bruscament la vàlvula que connecta la campana amb la pressió exterior i el líquid penetra a gran velocitat. [13]

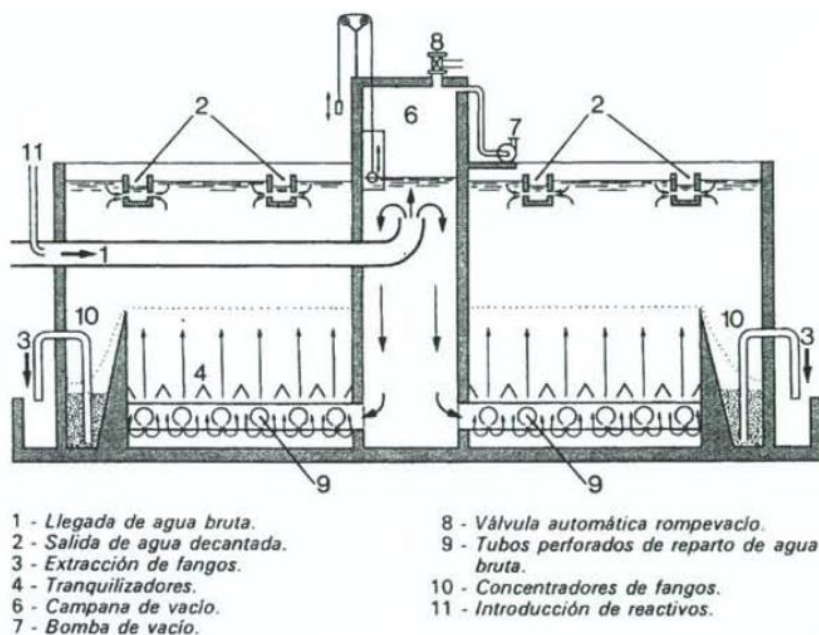


Figura 7.6 Esquema decantador Pulsator [13]

### 7.3.3. Decantació laminar

Els decantadors laminars poden ser tan estàtics com de contacte fangs ja que consisteixen a fer circular l'aigua a través de plaques paral·leles per tal d'afavorir la decantació. Mitjançant la col·locació d'aquestes plaques paral·leles o mòduls de diferents tipus a la zona de sedimentació, s'obté una gran superfície de deposició per als llots, amb la qual cosa s'aconsegueix disminuir apreciablement el àrea superficial de els tancs i fins i tot, incrementar la velocitat de decantació. [15]

## 7.4. Deshidratació dels fangs

Finalment s'han de deshidratar els fangs obtinguts per tal de poder-los gestionar més fàcilment. Els principals mètodes de deshidratació són els llits d'assecat, els filtres a bandes, la filtració al buit, la filtració a pressió i la centrifugació.

En aquest projecte tenint en compte que el volum a tractar no és gaire elevat es descarta ja d'entrada les possibilitats dels llits d'assecat i dels filtres a bandes. Ja que aquests dos mètodes estan pensats per un tractament de grans volums i de forma contínua.

### 7.4.1. Filtració al buit

Els filtres de buit estant formats per un tambor giratori dividit en seccions la part externa de les quals, està folrada per un element filtrant, aquest pot ser fix a cadascuna de les seccions, o en aparença de tela. Aquest tambor està parcialment submergit en un dipòsit on hi ha els llots a tractar tal com es pot veure a la *Figura 7.6*.

La capacitat de filtració d'aquestes unitats està al voltant de 30-60 Kg/(m<sup>2</sup>·h) i redueix la humitat dels fangs en un 30-35 %. [6]

Cada secció del tambor està connectada a una bomba de buit mitjançant una vàlvula rotativa. I és gràcies al buit realitzat que les partícules dels llots queden adherides a l'element filtrant deixant passar l'excés d'aigua. A mesura que el tambor gira es va acumulant una fina capa de partícules sòlides, fins a arribar al gruix màxim. En aquest punt entra en contacte amb un rascador que desprèn la capa de la superfície filtrant, i deixa el filtre preparat per començar un nou cicle de filtrat.

El filtrat resultant de l'operació és conduït a través de la vàlvula rotativa fins a un dipòsit separador. En aquest dipòsit se separa el filtrat, que serà extret per la part inferior, i l'aire del procés de buit, extret per la part superior.

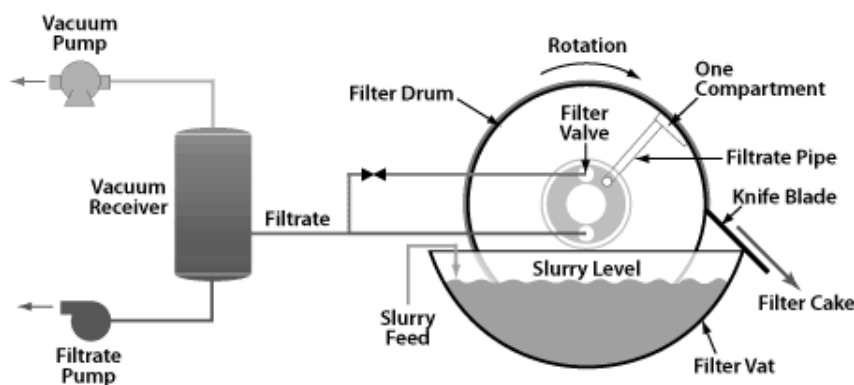


Figura 7.7 Esquema de filtració al buit [16]

### 7.4.2. Filtració a pressió

En la filtració a pressió la deshidratació es du a terme forçant l'eliminació de l'aigua per aplicació de pressió sobre un mitjà filtrant. Els filtres premsa consisteixen en un conjunt de plaques de secció quadrada, col·locades verticalment i enfrontades entre si, subjectes a un bastidor.

Cada placa té una tela filtrant (en general polipropilè) de mida de porus determinat, i el conjunt de les plaques es manté unit mitjançant un pistó, de tal manera que puguin resistir la pressió de filtració sense pèrdues d'aigua. Durant el procés de funcionament es bombeja l'alimentació, el fang, a través d'un tub situat al centre de les plaques. El fang va omplint la cambra existent entre les teles que cobreixen dues plaques consecutives i mitjançant la pressió s'aconsegueix el pas del líquid a través de la tela, deixant sobre la seva superfície una coca. El gruix de la coca que es forma està comprès entre 25 i 35 mm. [6]

Per obtenir la màxima recuperació de filtrats, es pot bufar aire a altes pressions a través de la premsa del filtre per assecar la coca gairebé per complet. Els filtres a pressió operen generalment en processos discontinus i per tant el filtratge s'atura en el moment d'eliminar les coques un cop s'ha arribat al gruix màxim. [17]

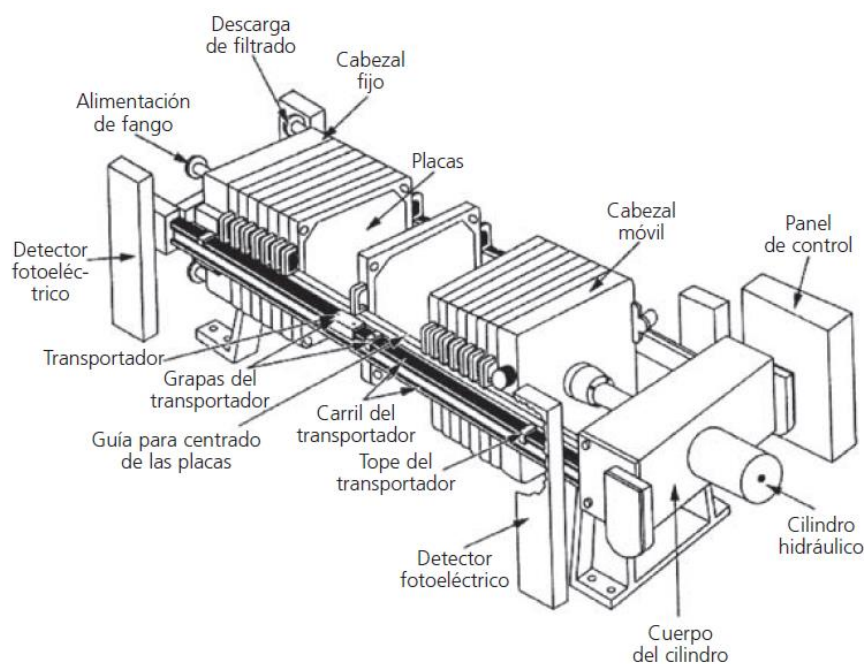


Figura 7.8 Esquema d'un filtre premsa [6]

### 7.4.3. Centrifugació

La centrifugació és una tècnica de separació que s'utilitza per aïllar o concentrar partícules suspeses en un medi líquid aprofitant la diferent velocitat de desplaçament segons la forma, la grandària o el pes en ser sotmeses a una força centrífuga. [18]

Una centrifuga decantadora consta d'un tambor en posició horitzontal que gira sobre dos coixinets subjectes al bastidor. La seva forma és cilíndrica finalitzant en forma troncocònica.

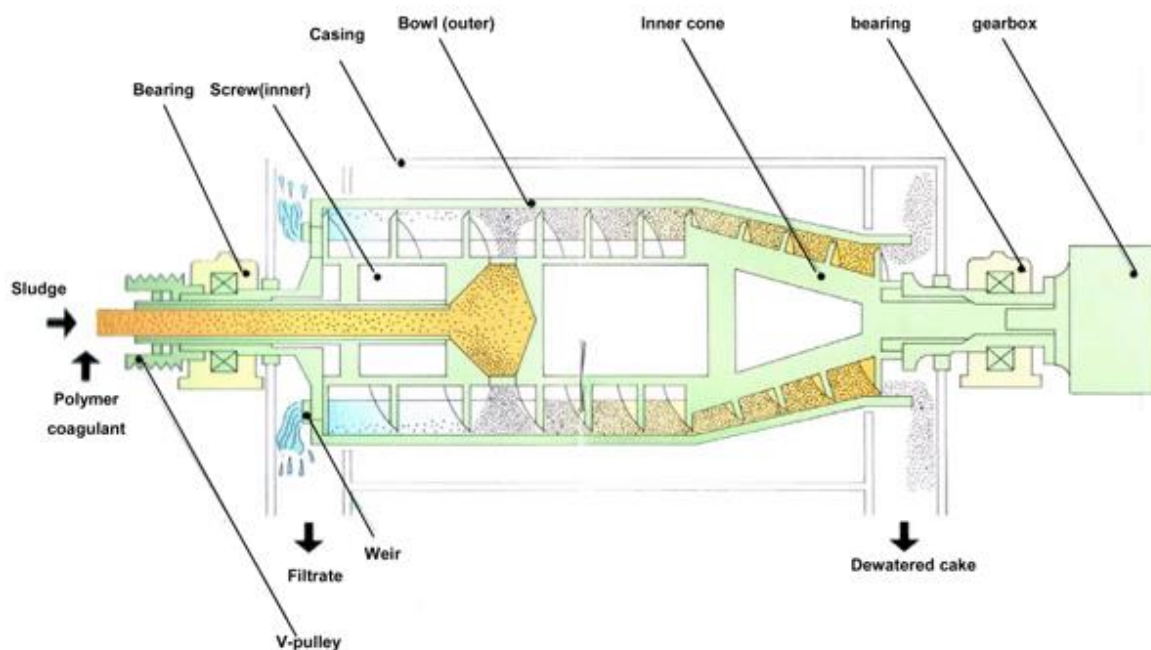


Figura 7.9 Esquema centrifugadora [19]





## 8. Estudi dels equips actuals

A dia d'avui l'empresa disposa d'uns equips que van obtenir a partir de la compra venda de la nau. Es tracta dels equips que feien servir els anteriors propietaris per depurar les aigües resultants de l'anterior activitat. És per aquest motiu que se'n fa un primer estudi per tal de tenir-los en compte a l'hora del dimensionament de la depuradora.

### 8.1. Dipòsit pulmó

La planta disposa d'un dipòsit prismàtic d'obra, aquest dipòsit està soterrat a la zona exterior de la planta i les dimensions del qual es presenten a la *Taula 8.1*. És un dipòsit de gran capacitat i es preveu poder-ne fer ús pel tractament de les aigües residuals. Tot i que cal tenir en compte que el sistema de canonades i de bombeig actual no són utilitzables.

Dipòsit pulmó	
Amplada	6 m
Profunditat	2,5 m
Alçada	3,8 m
Volum	52,5 m <sup>3</sup>

*Taula 8.1 Dipòsit pulmó*



*Figura 8.1 Dipòsit pulmó*



## 8.2. Dipòsit de tractament

El dipòsit actual és de polièster i està reforçat per tal de poder suportar les condicions meteorològiques exteriors. Es tracta d'un dipòsit cilíndric vertical amb un fons semiesfèric, les característiques del qual es mostren a la *Taula 8.2*. Cal afegir que no és un dipòsit pensat per dur a terme processos de tractament d'aigües residuals i per tant no es tindrà en compte alhora d'escollir els diversos equipaments per la depuradora.

Dipòsit de tractament	
Marca	MIPSA
Diàmetre	1,5 m
Alçada	1,38 m
Volum	2440 l

*Taula 8.2 Dipòsit de tractament*



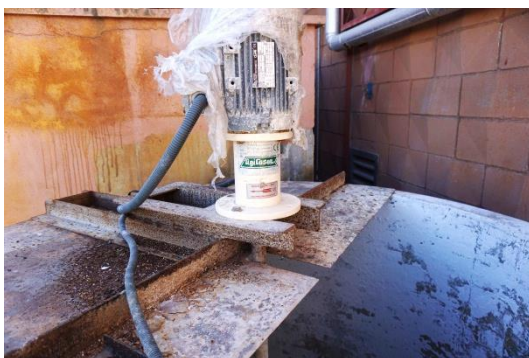
*Figura 8.2 Dipòsit de tractament*

### 8.3. Agitador-motor del dipòsit de tractament

A més a més, el dipòsit actual compta amb un agitador del tipus hèlix (*propeller*) amb el seu propi motor de fins a 1 kW de potència, les característiques del qual es mostren a la *Taula 8.3*.

Agitador – Motor			
Marca	Agitaser		
Potència	1 kW	1,3 kW	
Freqüència	53 Hz	60 Hz	
Potencial elèctric	230/400 V	430 V	
Intensitat	5,5/3,2 A	3,2 A	
RPM	700	840	
Cosφ	0,69	0,69	
D <sub>h</sub>	0,15 m		
IP	53	-	
Pes	22 kg	-	

*Taula 8.3 Característiques de l'Agitador*



*Figura 8.3 Agitador del dipòsit*

## 8.4. Bomba: dipòsit de tractament – filtre premsa

D'altra banda per tal de poder transportar el fluid d'un punt a un altre, hi ha una bomba que és de diafragma, i el desplaçament del qual funciona amb aire. Aquest tipus de bomba queda inclosa a les bombes de desplaçament positiu. Les característiques de la bomba es mostren a la *Taula 8.4*.

Bomba	
Marca	Wilden
Codi	XPX4/WMAAA/WFS/WF/0014
Model	PRO-FLO X™ ATEX
Max. Pressió d'aire	8,5 bar
Max. Pressió de sortida	3,4 bar
Diàmetre màx sòlids	4,8 mm

*Taula 8.4 Bomba*



*Figura 8.4 Bomba*

## 8.5. Filtre premsa

Finalment la planta disposa d'un filtre premsa de bancada lateral i de funcionament hidràulic que funciona de forma manual i que consta de trenta plaques de 470 x 470 mm amb les característiques que es mostren a la *Taula 8.5*.

Filtre premsa	
Marca	TEFSA
Sup. Placa	220900 mm <sup>2</sup>
Sup. Total	6,2 m <sup>2</sup>
Nº plaques	30
Volum	82 l
Pressió Hidràulica	430 kg/cm <sup>2</sup>
Pressió màx de Filtració	6 kg/cm <sup>2</sup>

*Taula 8.5 Filtre premsa [20]*



*Figura 8.5 Filtre premsa*





## 9. Possibilitats de tractament

En aquest apartat es volen proposar les alternatives de tractament, és a dir, del procés complet per al tractament d'aigües residuals. En primer lloc es determinarà el tractament químic, és a dir el tipus de coagulant a utilitzar, tenint en compte els resultats de les anàlisis. En segon lloc, es presenten dues alternatives de freqüència del tractament i també dels equipaments.

### 9.1. Tractament químic

Un cop obtinguts els resultats de les anàlisis químiques realitzades s'estudien les possibilitats de tractament químic, i possibles dosis per al tractament de les aigües residuals [21]. Els principals coagulants per a aigües residuals i els seus preus actuals de mercat són els especificats a la *Taula 9.1*.

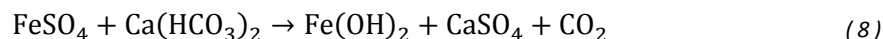
Coagulants principals de Sals metàl·liques		
$Al_2(SO_4)_3$	Sulfat d'alumini	0,00086 €/g [22]
$FeCl_3$	Clorur fèrric	0,12317 €/g [23]
$Fe_2(SO_4)_3$	Sulfat fèrric	0,00110 €/g [24]
$FeSO_4$	Sulfat ferrós	0,00076 €/g [25]

*Taula 9.1 Coagulants – Sals metàl·liques*

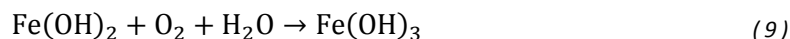
Per tal de determinar el coagulant més adequat i quina seria la dosi òptima s'ha treballat sobre l'estudi de *Tahereh Zarei Mahmoud Abadi et al.* que té com a títol *Performance Evaluation of Tile Wastewater Treatment with Different Coagulants* [26] i on s'estudia el tractament d'aigües residuals procedents de la fabricació de rajoles, comparant els diversos coagulants esmentats anteriorment, i quina és la seva reacció per diferents paràmetres fisicoquímics.

Tenint en compte els resultats de l'estudi es determina com a coagulant a utilitzar el sulfat ferrós amb una dosi de 0,3 g/l  $FeSO_4$  principalment per dos motius, en primer lloc perquè els resultats obtinguts per l'estudi són dels millors conjuntament amb els resultats obtinguts amb el sulfat d'alumini i amb l'hidroxiclòrid d'alumini i en segon, perquè també és un dels més econòmics.

El sulfat ferrós es presenta en forma de pols de color verd molt soluble i degut a la seva naturalesa àcida, el pH d'una solució al 10 % és de 3,7 aproximadament. Per aquesta raó, per al seu emmagatzematge i preparació s'usa material plàstic. [27] [Annex 1.3]



Per tal d'obtenir la màxima eficiència d'aquest compost cal la seva oxidació a fèrric per aeració segons l'Equació (9).



De manera que tenint en compte la dosi de 0,3 g/l  $\text{FeSO}_4$  i els paràmetres inicials dels principals contaminants segons les analítiques, és a dir, abans del tractament, s'estima que un cop aplicat el procés de depuració els paràmetres finals, que complirien amb la normativa de l'Apartat 4.1, queden especificats a la Taula 9.3, tenint en compte els percentatges d'efectivitat de la Taula 9.2.

Percentatges d'efectivitat del $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	
Conductivitat (25°C)	26,0 %
Matèries en suspensió	99,8 %
DQO no decantada	60,0 %
Terbolesa	99,8 %
Sòlids totals	90,5 %

Taula 9.2 Tant per cent de reducció dels paràmetres fisicoquímics [26]

Paràmetres abans i després del tractament				
		Inicial	Final	Límit permès [1]
Conductivitat (25°C)	( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	721	478	6000
Matèries en suspensió	(mg/l)	23588	47	750
DQO no decantada	(mg/l)	625	250	1500
Terbolesa	(NTU)	442	0,9	-
Sòlids totals	(mg/l)	23318	2215	-

Taula 9.3 Valors contaminants abans i després del tractament

Pel que fa als metalls pesants s'estima que com a conseqüència de la precipitació de les matèries en suspensió els nivells disminuiran fins a entrar dins els límits, ja que l'excés era molt baix.

## 9.2. Freqüència i equipaments

### 9.2.1. Tractament únic per setmana

El volum total a tractar setmanalment és de  $6 \text{ m}^3$  de manera que la primera possibilitat plantejada és de tractar les aigües residuals un cop per setmana. L'equipament proposat seria d'un dipòsit pulmó per emmagatzemar l'aigua residual procedent del procés de fabricació, seguit d'un decantador laminar on s'aplicaria el tractament químic i per tant on serà necessari un temps de reacció per tal de formar els coàguls. Tot seguit el fluid es dividiria en dos corrents, un primer que seria l'aigua sobrenedant que ja estaria tractada i per tant ja podria ser abocada i un segon corrent que seria el dels fangs a tractar per una centrífuga. Tot seguit els fangs s'abocarien a un contenidor per tal que fer-ne la gestió a través d'una entitat externa.

### 9.2.2. Tractament dues vegades per setmana

En aquest cas el volum total a tractar seria el mateix, però per tal de treballar amb dispositius més petits es faria el tractament dues vegades per setmana, és a dir, en un primer torn es tractarien les aigües procedents de la línia d'esmaltats i en un segon les procedents de la zona de fabricació de motlles i de la zona de colat. En aquest cas, l'equipament proposat seria d'un dipòsit pulmó per emmagatzemar l'aigua residual procedent del procés de fabricació, seguit d'un dipòsit de fons inferior cònica ( $45^\circ$  o  $60^\circ$ ) amb potes i obert a la part superior, on s'aplicaria el tractament químic i que per tant com en el cas anterior serà necessari un temps de reacció per formar els coàguls. Tot seguit, en aquest cas també, el fluid se separaria en dos corrents, el primer dels quals seria una petita proporció de l'aigua tractada i el segon que serien els fangs els quals es tractaran a un filtre premsa. Tot seguit els fangs s'abocarien a un contenidor per tal que fer-ne la gestió a través d'una entitat externa.





## 10. Dimensionament dels equips

Un cop determinat el procés de tractament d'aigua residual, es dimensionen els equips tenint en compte el volum i les característiques de les aigües a tractar, descrites anteriorment. En un primer moment es determinarà el sistema de canonades i de bombeig comú per ambdues alternatives i tot seguit es presentaran els equips proposats. Un cop dimensionats es comprovarà, en el cas que la fàbrica en disposi, si es pot utilitzar algun dels equips existents.

A més a més, en ambdós casos es detallaran uns plànols amb la situació dels equips, les canonades i la bomba dins la planta. Els plànols es trobaran adjunts a l'Annex 4.

### 10.1. Sistema de canonades i bomba

Per a les dues alternatives proposades es dimensionarà un únic sistema de canonades i de bombeig. En primer lloc a partir del cabal volumètric es calcularà el diàmetre de la canonada i tot seguit el de la bomba.

#### 10.1.1. Canonades

Per tal de dimensionar el diàmetre de les canonades es prendrà com a velocitat màxima del fluid 2 m/s per a evitar pèrdues de càrrega molt elevades i erosió de la superfície interior de les canonades, i es prendrà com a velocitat inferior 0,6 m/s per a evitar sedimentacions a l'interior de les canonades. Així doncs, per tal de mantenir les pèrdues de càrrega al mínim, es decideix que la velocitat dins de la canonada sigui de 0,8 m/s.

D'altra banda pel que fa al cabal es pren també un cabal únic per les dues alternatives de 0,0011 m<sup>3</sup>/s per tal d'obtenir un temps màxim d'omplerta dels equips de tractament de 1,5 h.

$$A_{\text{canonada}} = \frac{Q}{u_f} \quad (10)$$

$$d_{\text{canonada}} = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{\text{canonada}}}{\pi}} \quad (11)$$

$$A_{\text{canonada}} = \frac{0,0011 \text{ m}^3/\text{s}}{0,8 \text{ m/s}} = 0,001388 \text{ m}^2 = 13,88 \text{ cm}^2 \quad (12)$$

$$d_{\text{canonada}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 13,88 \text{ cm}^2}{\pi}} = 4,205 \text{ cm} = 42,05 \text{ mm} \quad (13)$$

De manera que s'escull una canonada d'acer distribuïda per l'empresa Tubasol - Hastinik de DIN 2440 DN40 [28].

DIN 2440-DN40	
D exterior	48,3 mm
Gruix	3,2 mm
D interior	41,9 mm
Pes lineal	3,56 kg/m

Taula 10.1 Dimensions canonada DN 40 [28]

Havent trobat la canonada estàndard, ara es recalcula la velocitat del fluid en la canonada escollida, seguin l'Equació ( 15 ) s'obté una velocitat de 0,805 m/s.

$$u_f = \frac{Q}{A_{\text{canonada}}} \quad (14)$$

$$u_f = \frac{0,0011 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \cdot (0,0419 \text{ m})^2/4} = 0,805 \text{ m/s} \quad (15)$$

### 10.1.2. Bomba

En el sistema tant de l'Alternativa 1 com de l'Alternativa 2 hi haurà una sola bomba per totes les operacions de bombeig. I per tant serà la mateixa bomba que transportarà el fluid entre el dipòsit pulmó i el primer equip de tractament, i entre el primer equip de tractament al segon. Això serà possible gràcies a un sistema de claus. A més a més, en ambdós casos l'alçada a vèncer és molt similar i per aquest motiu es farà un sol càlcul.

Així doncs, en primer lloc es comprovarà si la bomba volumètrica actual és suficient per dur a terme l'operació i quin seria el seu consum. La bomba Wilden actual és una bomba volumètrica, el funcionament de la qual està detallat al catàleg adjunt a l'Annex 2, de manera que pel seu dimensionament cal conèixer dues característiques del sistema.

En primer lloc el cabal volumètric que la bomba ha de transportar, i en segon lloc, l'alçada total a vèncer durant el transport del fluid. Pel que fa al cabal volumètric es pren el valor de 0,0011 m<sup>3</sup>/s que ha estat determinat a l'Apartat 10.1.1.

I a continuació es calcula l'alçada total a vèncer, tal com es mostra a l'Equació ( 16 ) considerant l'altura geomètrica entre els punts inicials i finals, les pèrdues de càrrega i les pressions dels contenidors inicials i finals del fluid.

$$H = H_g + P_c + 10 \cdot \frac{p_f - p_i}{\gamma} \quad (16)$$

Així doncs, desenvolupant l'Equació ( 16 ) s'obté l'Equació ( 17 ) on es tenen en compte les altures inicials i finals del sistema, la longitud de la canonada, el seu diàmetre, la velocitat del fluid i els factors lineals i singulars de pèrdua de càrrega per la canonada. Aquests valors seran especificats numèricament a la Taula 10.3.

$$H = (z_f - z_i) + \frac{8}{\pi^2} \cdot \frac{f \cdot L}{d_{canonada}^5 \cdot g} \cdot Q^2 + 2 \cdot K \cdot \frac{u_f^2}{2g} + 10 \cdot 0 \quad (17)$$

En primer lloc es determinaran els factors de pèrdues de càrrega de les canonades, i per aquest motiu primer cal trobar el tipus de regim del sistema. Per fer-ho es calcula el Reynolds seguint l'Equació ( 18 ). [29]

$$Re = \frac{u_f \cdot d_{canonada}}{\nu} \quad (18)$$

$$Re = \frac{0,805 \cdot 0,0419}{1,27 \cdot 10^{-6}} = 26769 \rightarrow \text{Règim Turbulent} \quad (19)$$

Un cop determinat que es tracta d'un règim turbulent es calcula el factor de pèrdues de càrrega segons el Diagrama de Moody i se'n extreu el factor de pèrdues de càrrega lineals especificat a la Taula 10.2. [Annex 5]

Diagrama de Moody	
$Re$	$2,7 \cdot 10^4$
$\varepsilon_{acer}$	0,025 mm
$d_{canonada}$	41,9 mm
$\varepsilon_{relativa}$	0,001
$f$	0,028

Taula 10.2 Dades extretes del Diagrama de Moody

Un cop determinat que el factor de pèrdues de càrrega lineals, es poden determinar les pèrdues de càrrega pels dos trams de canonades tenint en compte les característiques del sistema especificades a la Taula 10.3.

Característiques del sistema	
$z_1$	-4,2 m
$z_2$	0,0 m
$z_3$	3,9 m
$L_{1-2}$	10,2 m
$L_{2-3}$	4,9 m
$K$	0,5
$\mu$	0,0013 kg/m·s
$\nu$	$1,27 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$
$\rho$	$1023 \text{ kg/m}^3$

Taula 10.3 Característiques del sistema

$$H_{1-2} = (z_2 - z_1) + \frac{8}{\pi^2} \cdot \frac{f \cdot L_{1-2}}{d_{\text{canonada}}^5 \cdot g} \cdot Q^2 + 2 \cdot K \cdot \frac{u_f^2}{2g} + 10 \cdot 0 \quad (20)$$

$$H_{2-3} = (z_3 - z_2) + \frac{8}{\pi^2} \cdot \frac{f \cdot L_{2-3}}{d_{\text{canonada}}^5 \cdot g} \cdot Q^2 + 2 \cdot K \cdot \frac{u_f^2}{2g} + 10 \cdot 0 \quad (21)$$

$$H_{1-2} = 15,27 \text{ m} + 0,22 \text{ m} + 0 \text{ m} \quad (22)$$

$$H_{2-3} = 7,34 \text{ m} + 0,11 \text{ m} + 0 \text{ m} \quad (23)$$

$$H = 22,94 \text{ m} = 75 \text{ feet} \quad (24)$$

Un cop coneguda l'alçada total a vèncer que és de 22,94 m i el cabal volumètric que és de  $0,0011 \text{ m}^3/\text{s}$  i que equivalen respectivament a 75 peus i 66,67 l/min, s'obtenen les característiques finals de consum d'aire, pressió necessària i de descàrrega de la bomba a partir del gràfic de les característiques de la bomba pel qual s'obtenen els valors especificats a la Taula 10.4. [Annex 2]

Característiques de funcionament de la bomba	
Consum aire	$15 \text{ Nm}^3/\text{h}$
Pressió de descàrrega	2,5 bar
Pressió necessària	3 bar

Taula 10.4 Característiques de la bomba

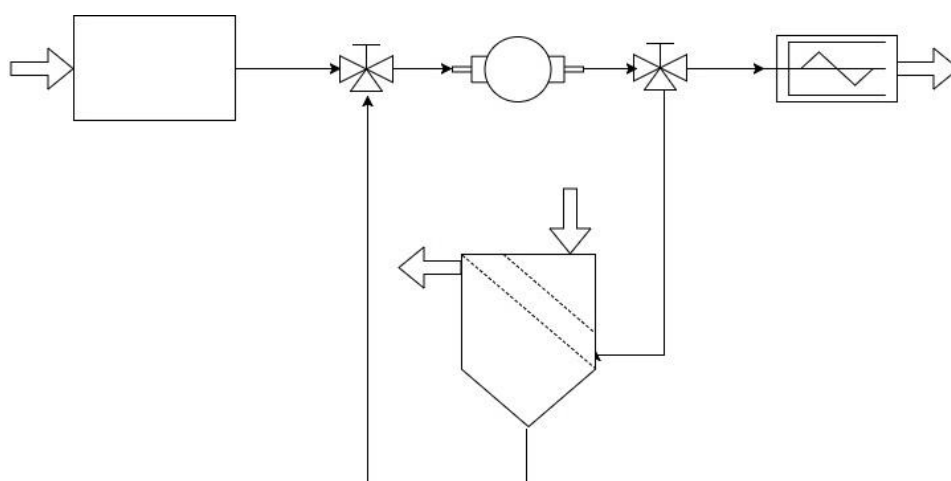
Per fer funcionar la bomba serà necessari l'ús d'un compressor que pugui generar el cabal de 250 l/min amb una pressió mínima de 3 bar. I el compressor proposat és un compressor estacionari de pistó de l'empresa Pintuc les característiques del qual queden especificades a la *Taula 10.5*. [30]

Compressor Pintuc	
Model	MK 103.200F.3
Potència	3 CV
Aspiració	365 l/min
Dipòsit	200 l
Pressió	10 bar
Rpm	1375
Pistons	2
Tensió	400 V
Pes	89 kg
Dimensions	145 x 43 x 85 cm

*Taula 10.5 Característiques del compressor Pintuc*

## 10.2. Alternativa 1

A continuació es determinaran les característiques dels equips necessaris per l'Alternativa 1 tenint en compte el dimensionament de canonades i de la bomba descrites anteriorment. En aquest cas es comprovarà si les dimensions dels dipòsit actual són adients per ser utilitzat com a dipòsit pulmó i tot seguit es determinarà un decantador laminar i una centrífuga del mercat de dimensions i característiques adequades pel sistema estudiat. A la *Figura 10.1* es detalla el diagrama de flux amb els equips detallats anteriorment.



*Figura 10.1 Diagrama de flux de l'Alternativa 1*

### 10.2.1. Dipòsit pulmó

Pel que fa al dipòsit pulmó un dipòsit exterior o soterrat seria vàlid de manera que com ja s'ha dit es comprovarà si les dimensions del dipòsit existent són suficients. Pel funcionament habitual seria necessari un volum de com a mínim  $6,5 \text{ m}^3$ , ara bé, pel dimensionament es pren el cas més desfavorable, és a dir, aquell en que fos necessari emmagatzemar totes les aigües produïdes en un mes com a conseqüència d'una averia del sistema, de manera que el volum total necessari es calcula a les *Equacions (25) i (26)*.

$$V_{total} = V_{setmana} \cdot n_{setmanes} \quad (25)$$

$$V_{total} = 6 \text{ m}^3 \cdot 4 = 24 \text{ m}^3 \quad (26)$$

En aquest cas la planta disposa d'un dipòsit prismàtic de  $6 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} \times 3,8 \text{ m}$  que són un total de  $52,5 \text{ m}^3$ . I per tant com a dipòsit pulmó seria possible utilitzar el dipòsit ja existent, ja que permetria emmagatzemar el volum d'aigües residuals produïdes en una mica més de dos mesos.

### 10.2.2. Decantador estàtic laminar

Un cop s'ha emmagatzemat l'aigua durant la setmana al dipòsit pulmó se n'haurà de fer el tractament. Tenint en compte el cabal de  $4 \text{ m}^3/\text{h}$  el decantador laminar proposat és el més petit, amb agitador integrat, ofert per l'empresa VenturaOrts, les característiques del qual es mostren a la *Taula 10.6*. [31]

Un cop el coagulant hagi reaccionat se separaran dos efluents, un primer que serà l'aigua sobrenedant del decantador laminar, que es dirigirà cap a la sortida d'aigües i un segon que seran els fangs que es dirigiran cap a la centrífuga per tal de deshidratar-los.

Decantador Laminar	
Cabal	$5 \text{ m}^3/\text{h}$
Dimensions	$2 \times 1 \times 2 \text{ m}$
Material de construcció	Polipropilè

*Taula 10.6 Decantador laminar VenturaOrts [31]*

### 10.2.3. Centrífuga decantadora

El segon efluent resultant del decantador laminar es dirigirà cap a la centrífuga. En aquest cas s'escull una centrífuga decantadora per la indústria de l'empresa PBS Belka Vites amb un cabal d'entrada d'entre 1 m<sup>3</sup>/h i 4 m<sup>3</sup>/h, per tal de poder tractar els gairebé 6 m<sup>3</sup> totals amb el cabal volumètric determinat anteriorment. Les propietats de la centrífuga estan especificades a la *Taula 10.7*. [32]

Un cop els fangs estiguin tractats per la centrífuga, l'aigua resultant ja podrà ser abocada mentre que els fangs s'emmagatzemaran a un contenidor, la gestió del qual es detallarà més endavant al *Capítol 11*.

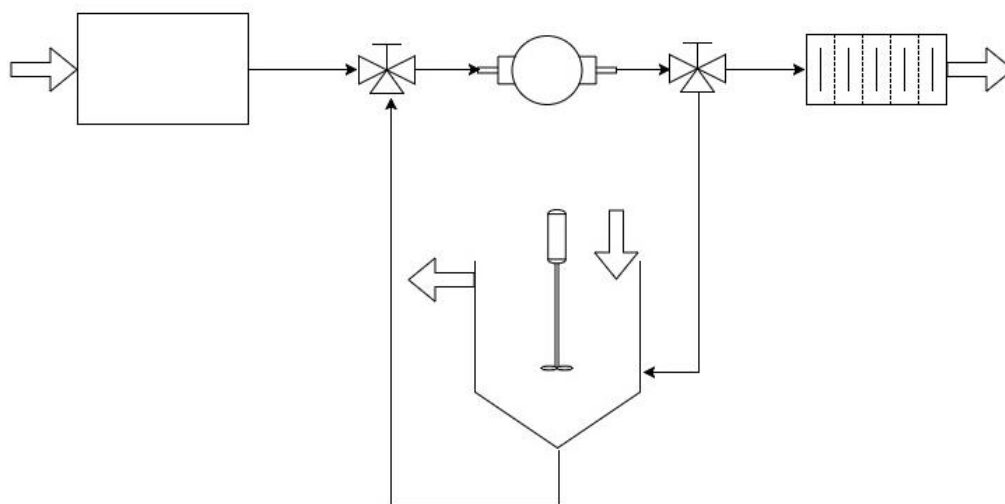
DO250	
Diàmetre vis sens fi	250 mm
Motor	12 kW
Consumo útil (kW)	7kW
Revolucions màximes	4100 min <sup>-1</sup>
Pes	910 kg
Flux d'entrada	1–4 m <sup>3</sup> /h
Dimensions	2375x600x870 mm

*Taula 10.7 Propietats centrífuga decantadora [32]*



## 10.3. Alternativa 2

A continuació es determinaran les característiques dels equips necessaris per l'Alternativa 2 tenint en compte el dimensionament de canonades i de la bomba determinades anteriorment. En aquest cas s'especificarà un dipòsit de fons troncocònic del mercat de dimensions i característiques adequades pel sistema estudiat, i alhora es comprovarà si el filtre premsa de què es disposa s'adapta a les necessitats del projecte. A la *Figura 10.2* es detalla el diagrama de flux amb els equips descrits anteriorment.



*Figura 10.2 Diagrama de flux de l'Alternativa 2*

### 10.3.1. Dipòsit pulmó

En aquest cas el volum necessari seria similar al de l'Alternativa 1, ara bé, tenint en compte els càlculs realitzats a l'*Apartat 10.2.1* en aquest cas també serà possible utilitzar el dipòsit d'obra que ja existeix actualment per emmagatzemar les aigües residuals obtingues del procés de fabricació de la ceràmica.

### 10.3.2. Decantador de fons troncocònic

Pel que fa al decantador seria necessari un volum de com a mínim  $5 \text{ m}^3$  per tal de tenir en compte el volum dels reactius afegits, en aquest cas un decantador de Tot Agua S.L seria l'escollit, les característiques del qual són les especificades a la *Taula 10.8*. [33]

En el decantador es durà a terme el tractament químic i per tant serà necessari un temps per tal que el coagulant faci efecte i es generin els coàguls i decantin al fons del dipòsit. De forma similar al cas anterior, un cop els coàguls estiguin formats se separaran dos efluents, un primer que serà l'aigua sobrenedant, que es dirigirà cap a la sortida d'aigües i un segon que seran els fangs que es dirigiran cap al filtre premsa per tal de deshidratar-los.

Decantador	
Marca	Tot Agua S.L
Volum	5000 l
Diàmetre	2000 mm
Altura con	1470 mm
Altura total	2570 mm
Número de suports	4
Angle del con	60°

Taula 10.8 Decantador Tot Agua S.L [33]

### 10.3.3. Agitador

Per complementar el decantador especificat serà necessari un agitador i per tant es comprova si l'agitador ja existent, amb les característiques de la *Taula 8.3* és suficient. En primer lloc pel que fa la forma de l'agitador seria correcte ja que és tracta d'un hèlix amb tres pales i disposa de fins a 840 rpm de manera que pot dur a terme tant una agitació vigorosa com una de mitjana.

En primer lloc, es determina el règim d'agitació tenint en compte un règim de 700 rpm i segons l'*Equació (27)* per la qual s'obté un règim de treball turbulent. [34]

$$Re = \frac{D_h^2 \cdot n \cdot \rho}{\mu} \quad (27)$$

$$Re = \frac{0,15^2 \cdot 11,6 \cdot 1023}{0,0013} = 205387 \rightarrow \text{Règim Turbulent} \quad (28)$$

Tot seguit tenint en compte que es tracta d'una hèlix de tres pales s'escull la corba número 15 del gràfic de les corbes de potència de l'Annex 5 pel qual s'obté un número de potència igual a 0,9 a partir del qual es determinarà la potència seguint l'*Equació (29)*. [34]

$$N_p = \frac{P}{n^3 \cdot \rho \cdot D_h^5} \quad (29)$$

$$P = 0,9 \cdot 11,6^3 \cdot 1023 \cdot 0,15^5 = 109 \text{ W} \quad (30)$$

Tot seguit es corregirà la potència tenint en compte la relació de diàmetres teòriques en les quals es basa el gràfic i la relació desitjada seguint l'*Equació (31)*. [34]

$$P_{cor} = P \cdot \sqrt{\left(\frac{D_T}{D_h} \cdot \frac{z_l}{D_h}\right)_{desitjat} / \left(\frac{D_T}{D_h} \cdot \frac{z_l}{D_h}\right)_{gràfic}} \quad (31)$$

Es calcula l'altura del líquid seguint l'Equació ( 32 ) per la qual es té en compte que el volum del líquid serà 4 m<sup>3</sup> ja que és el volum màxim amb què es treballarà i per tant el que donarà la potència màxima de treball. I a partir de les dimensions de la *Taula 10.8* s'obté una altura de líquid de 2,3 m.

$$z_l = h_c + \frac{V_L - V_c}{\pi \cdot \left(\frac{D_T}{2}\right)^2} \quad (32)$$

$$z_l = 1,47 + \frac{4,00 - 1,54}{\pi \cdot 1^2} = 2,3 \text{ m} \quad (33)$$

I finalment s'obté per l'agitador una potència corregida de 520 W, menor a la màxima oferta pel fabricant i per tant es podrà utilitzar l'agitador ja existent.

$$P_{cor} = 109 \cdot \sqrt{\left(\frac{2}{0,15} \cdot \frac{2,3}{0,15}\right)_{desitjat} / (3 \cdot 3)_{gràfic}} = 520 \text{ W} \quad (34)$$

Tenint en compte el rendiment es considerarà un consum de 1 kW tal com especificava el fabricant.

#### 10.3.4. Filtre premsa

Per al dimensionament del filtre premsa seria necessari fer unes proves empíriques del nivell de filtració dels fangs. Ara bé per a un càlcul aproximat es tindrà en compte que els fangs generats al decantador, i per tant el volum a tractar al filtre premsa són un 90% del volum total inicial, per tant un volum total de 3600 l pel primer període i de 1800 l pel segon.

Els filtres premsa són sistemes de deshidratació intermitent, cada operació de premsat suposa els següents passos: tancament de la premsa, emplenat, filtració, obertura del filtre i neteja, per la qual cosa s'estimarà un temps per cicle d'uns 45 min aproximadament. [35]

De forma similar al dipòsit pulmó, es calcula si el filtre premsa existent actualment permetria dur a terme l'operació a partir de les propietats del filtre premsa especificades a la *Taula 8.5* i de les característiques dels fangs resultants de la *Taula 11.5*.

Així doncs per una capacitat teòrica del filtre premsa de 82 l i la densitat dels fangs obtinguda segons l'*Equació ( 37 )* s'obté un volum final de fangs setmanals de 194,88 l, el que significaria dos cicles de premsat durant el primer període i un cicle durant el segon.

$$\rho_f = \rho_a \cdot 0,4 + \rho_{rs} \cdot 0,6 \quad (35)$$

$$\rho_f = 1,002 \cdot 0,4 + 1,4 \cdot 0,6 \quad (36)$$

$$\rho_f = 1,24 \text{ kg/l} \quad (37)$$



## 11. Gestió de l'equipament

Un cop dimensionades les dues alternatives es definirà quina serà la gestió de l'equipament pel que fa a balanços de matèria en funció del procés escollit i pel que fa al personal necessari per la seva utilització i manteniment. Es dimensionarà amb una freqüència de gestió mensual per tal de poder-ne definir també un pressupost de funcionament.

Tot seguit a partir de la dosi de 0,3 g/l  $\text{FeSO}_4$  determinada a l'*Apartat 9.1* es definiran les condicions de pH i les dosis de coagulant per ambdues alternatives, especificades a la *Taula 11.1*.

	Coagulant $\text{FeSO}_4$	
	Alternativa 1	Alternativa 2
pH de treball	8,7	8,7
Dosi de $\text{FeSO}_4$ setmanal	1800 g	1200 g + 600 g
Consum total mensual	7200 g	7200 g

*Taula 11.1 Dosi de coagulant*

### 11.1. Alternativa 1

En primer lloc per tal de conèixer la quantitat de fangs a tractar es presenta un balanç de matèria per la primera alternativa tenint en compte la dosi determinada a la *Taula 11.1* i els equipaments escollits a l'*Apartat 10.2*. Així doncs, per l'Alternativa 1 considerant un volum inicial mensual de 24000 m<sup>3</sup> es calcula el volum final d'aigua tractada i també el volum i el pes dels fangs finals que es presenta a la *Taula 11.3*.

Massa (kg)	Entrada	Passos		Massa (kg)	Sortida
24559,63	Aigua	→	<div>Dipòsit Pulmó</div> <div>24559,63</div> <div>↓</div>		
7,2	FeSO <sub>4</sub>	→	<div>Decantador Laminar</div> <div>22251,39</div> <div>↓</div>	2315,44	Aigua
			<div>Centrífuga</div> <div>↓</div>	20838,94	Aigua
Massa (kg)	Entrada	kg	Producte	Massa(kg)	Sortida
24559,63	Aigua	1412,45	Fangs (60% d'humitat)	23154,38	Aigua
7,2	FeSO <sub>4</sub>				
24566,83	Total	1412,45	Total	23154,38	Total

Taula 11.2 Balanç de massa - Alternativa 1

Alternativa 1				
		Volum (l)	Densitat (kg/l)	Pes (kg)
Aigua inicial		24000,00	1,023	24559,63
Coagulant FeSO <sub>4</sub>				7,20
Aigua final		23668,01	1,002	23154,38
Fang	Aigua	845,89	1,002	847,47
(60 % d'humitat)	Sòlids	403,56	1,400	564,98

Taula 11.3 Resum de volums i masses - Alternativa 1 [36]

En segon lloc, pel que fa a la gestió de personal, al tractar-se d'un sol tractament per setmana es necessitarà una persona que afegixi els reactius a l'entrada del decantador laminar i que posi en funcionament la centrífugadora i la bomba. Aproximadament es comptarà amb una dedicació de 3 h totals setmanals tenint en compte el temps de supervisió de buidatge del dipòsit i principi de funcionament del decantador laminar i de la centrífugadora. De manera que serà un total de 14 h mensuals tenint en compte la posada en marxa de l'estació depuradora, la gestió de la recollida de residus i les tasques de manteniment.

D'altra banda, pel que fa a la gestió dels llots, seguint el balanç de massa de la *Taula 11.3* el volum resultant serà de 1249,45 l mensuals que es tractaran segons el grup de residus: 08 Residus de formulació, fabricació, distribució i utilització (FFDU) de revestiments (pintures, vernissos i esmalts vitris), segelladors, resines i tintes d'impressió i més concretament del tipus: 080290 Llots de tractament d'efluents (depuradores i pretractaments) l'origen dels quals és la sedimentació, decantació, floculació, filtració, premsatge. [4] I per aquest motiu es recomanarà contactar amb alguna de les instal·lacions catàleg de l'Agència de Residus de Catalunya per a la gestió del segons el codi de tractament T12 Deposició de residus no especials. Per proximitat, es recomanarien les instal·lacions del Papiol. [37]

## 11.2. Alternativa 2

De forma similar a l'Alternativa 1, per tal de conèixer la quantitat de fangs a tractar es presenta un balanç de matèria tenint en compte la dosi determinada a la *Taula 11.1* i els equipaments escollits a l'*Apartat 10.3*. Així doncs, considerant un volum inicial mensual de 24000 m<sup>3</sup> es calcula el volum final d'aigua tractada i també el volum i el pes dels fangs finals que es presenta a la *Taula 11.5*.

Massa (kg)	Entrada	Passos		Massa (kg)	Sortida
24559,63	Aigua	→	Dipòsit Pulmó 24559,63 ↓		
7,2	FeSO <sub>4</sub>	→	Decantador Laminar 22251,39 ↓	2362,52	Aigua
			Centrífuga ↓	21262,68	Aigua
Massa (kg)	Entrada	kg	Producte	Massa(kg)	Sortida
24559,63	Aigua				
7,2	FeSO <sub>4</sub>	941,63	Fangs (60% d'humitat)	23625,20	Aigua
24566,83	Total	941,63	Total	23154,38	Total

Taula 11.4 Balanç de massa - Alternativa 2



Alternativa 2				
		Volum (l)	Densitat (kg/l)	Pes (kg)
Inicial Aigua		24000,00	1,023	24559,63
Coagulant $FeSO_4$				7,20
Final Aigua		23581,21	1,002	23625,20
Fang	Aigua	375,95	1,002	376,65
(40 % d'humitat)	Sòlids	403,56	1,400	564,98

*Taula 11.5 Resum de volums i masses - Alternativa 2 [36]*

En segon lloc, pel que fa a la gestió de personal, al treballar dues vegades per setmana a nivell de gestió es necessitarà una persona que afegeixi els reactius al dipòsit i que posi en funcionament el filtre premsa. Pel funcionament del filtre premsa es considera necessari un temps de 45 min per cicle de filtratge de manera es comptarà amb una dedicació de 2 h durant la primera jornada i 1,5 h durant la segona. [35] Tenint en compte també la supervisió del buidatge del dipòsit i del funcionament del filtre premsa. Així doncs, de forma similar a l'Alternativa 1 es comptarà amb una dedicació total de 16 h mensuals tenint en compte la posada en marxa de l'estació depuradora, la gestió de la recollida de residus i les tasques de manteniment.

D'altra banda, pel que fa a la gestió dels llots, seguint el balanç de massa de la *Taula 11.5* el volum resultant serà de 779,51 l mensuals. En aquest cas la gestió dels llots serà similar a la de l'Alternativa 1, també segons la normativa establerta per l'Agència Catalana de Residus i per tant, seguint les mateixes especificacions.

## 12. Estudi econòmic

A continuació es detallarà l'estudi econòmic del projecte, en primer lloc per ambdues alternatives es presentaran els pressupostos d'instal·lació i de gestió. En segon lloc, també es detallarà el cost d'enginyeria del total del projecte. I finalment es farà un estudi de la viabilitat del projecte.

### 12.1. Pressupost d'instal·lació

Pel que fa al pressupost d'instal·lació s'ha tingut en compte la compra dels nous equipaments i la seva instal·lació, com també la instal·lació dels equips ja existents. En cap dels dos casos s'ha posat un preu pels equips ja existents, ja que eren uns equips de l'anterior propietari i han estat obtinguts amb la compravenda de la planta. Per aquest motiu, el seu aprofitament serà sempre l'opció més econòmica.

#### 12.1.1. Alternativa 1

Per la instal·lació de la primera alternativa es tindrà en compte el preu de compra del decantador de làmines inclinades, de la centrifugadora, del sistema d'extracció de llots i finalment del sistema de canonades. Pel que fa a la mà d'obra es té en compte el temps d'instal·lació dels nous equipaments i del sistema de canonades, com també la posada a punt de la bomba que malgrat no sé de nova compra si que serà necessari fer-ne l'acondiament. Així doncs, el càlcul del pressupost es pot veure a la *Taula 12.1* on el preu total és de 50900,00 € IVA no inclòs.

COSTOS				
PREU EQUIPAMENT		UNITAT €/UNITAT		€
Decantador de làmines inclinades	1	15000	15000,00	
Centrifugadora	1	30000	30000,00	
Sistema extracció llots	1	3000	3000,00	
Compressor	1	1000	1000,00	
Canonades i unions (m)	20	20	400,00	
			<b>49400,00</b>	
PREU INSTAL·LACIÓ		HORES	€/HORA	€
Mà d'obra	50	30	1500,00	
			<b>1500,00</b>	
<b>OFERTA</b>			<b>50900,00</b>	<b>€</b>

Taula 12.1 Pressupost d'instal·lació - Alternativa 1

### 12.1.2. Alternativa 2

Per la instal·lació de la segona alternativa es tindrà en compte el preu de compra del decantador de fons troncocònic, del sistema d'extracció de llots que en aquest cas és una mica més senzill i finalment del sistema de canonades. Pel que fa a la mà d'obra es té en compte el temps d'instal·lació dels nous equipaments i del sistema de canonades, com també la posada a punt de la bomba que com en el cas anterior serà necessari fer-ne l'acondiciament. Així doncs, el càlcul del pressupost es pot veure a la *Taula 12.2* on el preu total és de 11241,00€ IVA no inclòs.

COSTOS			
PREU EQUIPAMENT	UNITAT	€/UNITAT	€
Decantador fons troncocònic	1	7381	7381,00
Sistema extracció llots	1	1500	1500,00
Compressor	1	1000	1000,00
Canonades	20	20	400,00
			<b>10281,00</b>
PREU INSTAL·LACIÓ	UNITAT	€/UNITAT	€
Mà d'obra (hores)	32	30	960,00
			<b>960,00</b>
<b>OFERTA</b>			<b>11241,00 €</b>

Taula 12.2 Pressupost d'instal·lació - Alternativa 2

## 12.2. Pressupost de gestió

Pel que fa al pressupost de gestió s'ha tingut en compte el funcionament mensual de la planta depuradora. En ambdós casos es tindran en compte els reactius utilitzats mensualment, la gestió dels llots resultants, el personal i l'electricitat necessària pel funcionament de la planta.

### 12.2.1. Alternativa 1

En primer lloc pel que fa al preu del coagulant se seguiran els valors establerts a la *Taula 9.1* i a la *Taula 11.1*, tot seguit pel que fa a la mà d'obra i a la gestió de residus els valors determinats a l'*Apartat 11.1*.

En segon lloc, pel que fa al preu de l'electricitat es considerarà el consum de la bomba, de l'agitador del decantador laminar i de la centrífuga. D'una banda, el consum de la bomba farà referència al compressor d'aire associat que tal com s'especifica a la *Taula 10.5* serà de 3 CV i considerant un temps aproximat de 1,5 h a la setmana de funcionament farà un total de 13,4 kWh mensuals. D'altra banda, pel que fa al consum de l'agitador, es considerarà un consum similar al determinat per l'Alternativa 2 de 1 kW (*Taula 8.3*) per un temps aproximat de 80 min setmanals fa un total de 5,20 kWh mensuals. I finalment per la centrífuga es considerarà un consum de 12 kW un total de 1,5 h setmanals que faran un total de 72 kWh mensuals.

A més a més també s'hi afegirà un 2 % del preu brut per a les tasques de manteniment. Així doncs, el càlcul del pressupost es pot veure a la *Taula 12.3* on el preu total és de 205,00 € IVA no inclòs.

COSTOS		UNITAT	€/UNITAT	€
	Coagulant FeSO <sub>4</sub>	7,20	0,76	5,47
	Canvi de contenidor [38]	0,42	55,00	22,91
	Gestió del residu per agent autoritzat	0,42	60,00	24,99
	Mà d'obra	14,00	10,00	140,00
	Electricitat [39]	90,60	0,084	7,61
				<b>200,98</b>
COSTOS MANTENINIMENT				
	2 % dels costos			4,02
				<b>4,02</b>
<b>OFERTA</b>				<b>205,00 €</b>

Taula 12.3 Pressupost de gestió - Alternativa 1

### 12.2.2. Alternativa 2

En primer lloc pel que fa al preu del coagulant se seguiran els valors establerts a la *Taula 9.1* i a la *Taula 11.1*, tot seguit pel que fa a la mà d'obra i a la gestió de residus els valors determinats a l'*Apartat 11.2*.

En segon lloc, pel que fa al preu de l'electricitat es considerarà el consum de la bomba i de l'agitador. D'una banda, el consum de la bomba farà referència al compressor d'aire associat que tal com s'ha detallat a l'*Apartat 12.2.1* és de 13,4 kWh mensuals. D'altra banda, pel que fa al consum de l'agitador, es considerarà el consum determinat a l'*Apartat 10.3.3* que tal com s'ha detallat a l'*Apartat 12.2.1* correspon a un total de 5,20 kWh mensuals.

En aquest cas també, s'afegirà un 2 % del preu brut per a les tasques de manteniment. Així doncs, el càlcul del pressupost es pot veure a la *Taula 12.4* on el preu total és de 198,83 € IVA no inclòs.

COSTOS			
	UNITAT €/UNITAT		€
Coagulant FeSO <sub>4</sub>	7,20	0,76	4,47
Canvi de contenidor [38]	0,26	55,00	14,29
Gestió del residu per agent autoritzat	0,26	50,00	12,99
Mà d'obra	16,00	10,00	160,00
Electricitat [39]	18,60	0,084	1,56
			<b>194,93</b>
COSTOS MANTENIMENT			
2 % dels costos			3,90
			<b>3,90</b>
<b>OFERTA</b>			<b>198,83 €</b>

*Taula 12.4 Pressupost de gestió - Alternativa 2*

### 12.3. Cost d'enginyeria del projecte

A continuació es presenta el cost d'enginyeria per a la realització del projecte, en el qual s'ha tingut en compte les hores de personal per dur a terme les diverses tasques d'administració, d'enginyeria tècnica i d'enginyeria superior. D'altra banda també s'han considerat els costos d'oficina tal pel que fa a material informàtic com a l'electricitat, el telèfon i els viatges. De manera que el cost per a la realització del projecte ha estat de 32300,70 € IVA no inclòs.

COSTOS DE PERSONAL			
	HORES	€/HORA	€
<i>Definició d'objectius i recopilació d'informació</i>			
Anàlisi químiques realitzades pel laboratori de l'AMB			550,70
Enginyer Superior	180	40	7200,00
<i>Disseny, càlculs i simulació</i>			
Enginyer Superior	200	40	8000,00
<i>Generació de documentació i plànols</i>			
Enginyer Superior	100	40	4000,00
Enginyer Tècnic	80	30	2400,00
Administratiu	40	20	800,00
			<b>22950,70</b>
COSTOS D'OFICINA			
<i>Material informàtic</i>			
Ordinador, impressora, escàner			600,00
Ús de llicències i programes			600,00
Consumibles			150,00
<i>Oficina</i>			
Electricitat i telèfon			3000,00
Dietes i viatges			5000,00
			<b>9350,00</b>
<b>PREU</b>			<b>32.300,70 €</b>

Taula 12.5 Cost enginyeria del projecte

## 12.4. Viabilitat econòmica del projecte

Per detallar la viabilitat del projecte es calcularan els indicadors VAN i TIR. Per fer-ho, com a costos es consideraran els pressupostos d'instal·lació i gestió i els costos d'enginyeria detallats anteriorment i com a ingressos l'estalvi envers si s'hagués de pagar una multa a l'administració per fer abocaments d'aigües residuals contaminades. A més a més es considerarà un IPC del 2 % anual i una taxa d'interès del 10 % anual per ambdues alternatives.

Així doncs tenint en compte la Llei d'aigües que estableix multes de fins a 600000 € segons la gravetat de la infracció, en aquest cas i de forma aproximada es considerarà que no fer el tractament de les aigües i abocar-les al medi comportaria una multa de 40000 € anuals. [3] I serà exactament aquest valor, que no estarà afectat per l'IPC, el que es considerarà com a estalvi per al càlcul de la viabilitat del projecte.

### 12.4.1. Alternativa 1

Per l'Alternativa 1, es considera com a ingressos l'estalvi de no haver de pagar la multa esmentada anteriorment, i com a despeses la inversió inicial que consta del cost d'instal·lació i del cost d'enginyeria detallats als *Apartats 12.1.1 i 12.3* i les despeses de gestió detallades a l'*Apartat 12.2.1*.

ALTERNATIVA 1	ANY 0	ANY 1	ANY 2	ANY 3	ANY 4	ANY 5
Estalvi multes		40000,00	40000,00	40000,00	40000,00	40000,00
TOTAL INGRESSOS		40000,00	40000,00	40000,00	40000,00	40000,00
Cost d'instal·lació	-50900,00					
Cost d'enginyeria	-31300,70					
Cost de funcionament		-2050,00	-2050,00	-2050,00	-2050,00	-2050,00
Cost de funcionament + IPC		-2091,00	-2132,82	-2175,48	-2218,99	-2263,37
TOTAL DESPESES	-82200,70	-2091,00	-2132,82	-2175,48	-2218,99	-2263,37
Flux de caixa	-82200,70	37909,00	37867,18	37824,52	37781,01	37736,63
Flux de caixa actualitzat	-82200,70	34462,73	31295,19	28418,12	25804,94	23431,48

Taula 12.6 Càlcul de la rendibilitat - Alternativa 1

Així doncs, per l'Alternativa 1 s'obté un VAN a cinc anys de 61211,76 € i un TIR a cinc anys del 36,23 % i per tant que la inversió seria rendible.

### 12.4.2. Alternativa 2

Per l'Alternativa 2, con en el cas anterior, es considera com a ingressos l'estalvi de no haver de pagar la multa esmentada anteriorment, i com a despeses la inversió inicial que consta del cost d'instal·lació i del cost d'enginyeria detallats als *Apartats 12.1.2 i 12.3* i les despeses de gestió detallades a l'*Apartat 12.2.2*.

ALTERNATIVA 2	ANY 0	ANY 1	ANY 2	ANY 3	ANY 4	ANY 5
Estalvi multes		40000,00	40000,00	40000,00	40000,00	40000,00
TOTAL INGRESSOS		40000,00	40000,00	40000,00	40000,00	40000,00
Cost d'instal·lació	-12241,00					
Cost d'enginyeria	-31300,70					
Cost de funcionament		-1988,30	-1988,30	-1988,30	-1988,30	-1988,30
Cost de funcionament + IPC		-2028,07	-2068,63	-2110,00	-2152,20	-2195,24
TOTAL DESPESES	-43541,70	-2028,07	-2068,63	-2110,00	-2152,20	-2195,24
Flux de caixa	-43541,70	37971,93	37931,37	37890,00	37847,80	37804,76
Flux de caixa actualitzat	-43541,70	34519,94	31348,24	28467,32	25850,56	23473,78

Taula 12.7 Càlcul de la rendibilitat - Alternativa 2

Així doncs, per l'Alternativa 2 s'obté un VAN a cinc anys de 100118,14 € i un TIR a cinc anys del 82,86 % i per tant que la inversió seria també rendible.





## 13. Estudi d'impacte ambiental

Pel que fa a l'aspecte mediambiental es calcularan les tones mensuals equivalents d'emissions de CO<sub>2</sub> del funcionament de la planta depuradora segons els valors facilitats per l'Oficina Catalana de Canvi Climàtic de la Generalitat de Catalunya. [40] [41] [42]

### 13.1. Alternativa 1

En primer lloc, a la *Taula 13.1* es detallen les emissions derivades del transport per carretera, que en aquest projecte fa referència al transport del contenidor de fangs des de la fàbrica fins a la planta de tractament de residus. En aquest cas, tal com s'especifica a la *Taula 12.3* cal canviar el contenidor una vegada cada 2,4 mesos, i se suposa que es fa el transport amb un camió Diesel de menys de 7,5 t i amb un recorregut de 20 km per cada canvi de contenidor, si finalment es tractés a la planta del Papiol. [37]

Vehicle	Distància (km)	Factor d'emissió (g CO <sub>2</sub> eq/km)	Emissions de CO <sub>2</sub> eq (tones)
Camió	8,40	303,68 [41]	0,00255

*Taula 13.1 Emissions de CO<sub>2</sub> com a conseqüència del transport terrestre - Alternativa 1*

En segon lloc, a la *Taula 13.2* es detallen les emissions derivades del consum elèctric, que correspondran al consum de la bomba, l'agitador i la centrífuga. El consum de la bomba correspondrà a un total de 13,4 kWh mensuals, el de l'agitador a un total de 5,20 kWh mensuals i el de la centrífuga a un total de 72 kWh mensuals.

Lloc on es produeix el consum	Tipus d'electricitat consumida	Xarxa general	Consum d'electricitat (kWh)	Factor d'emissió (g CO <sub>2</sub> eq/kWh)	Emissions de CO <sub>2</sub> eq (tones)
Bomba	De xarxa	General (sense GdO)	13,4	308,000	0,00414
Agitador	De xarxa	General (sense GdO)	5,2	308,000	0,00160
Centrífuga	De xarxa	General (sense GdO)	72,0	308,000	0,02217

*Taula 13.2 Emissions de CO<sub>2</sub> com a conseqüència del consum d'electricitat - Alternativa 1*

En tercer lloc, a la *Taula 13.3* es detallen les emissions derivades de l'abocament de l'aigua tractada. Les emissions faran referència al volum d'aigua retornada i per tant, tal com s'especifica a la *Taula 11.3* serà un total de 23,67 m<sup>3</sup> mensuals.

Residu	Volum (m <sup>3</sup> )	Factor d'emissió (g CO <sub>2</sub> eq/m <sup>3</sup> )	Emissions de CO <sub>2</sub> eq (tones)
Aigua	23,67	107 [42]	0,00253

*Taula 13.3 Emissions de CO<sub>2</sub> com a conseqüència de l'abocament de l'aigua depurada - Alternativa 1*

En quart lloc, a la *Taula 13.4* es detallen les emissions derivades de l'assecatge del fang humit per part de l'empresa gestora dels residus. S'ha tingut en compte el pes total dels fangs a tractar, que tal com s'especifica a la *Taula 11.3* es tracta d'un pes total mensual de 1412,45 kg de fang amb un 60 % d'humitat. El factor d'emissió fa referència a l'emissió de CO<sub>2</sub> necessària per dur a terme l'assecatge tèrmic del fang. [42]

Residu	Pes (kg)	Factor d'emissió (g CO <sub>2</sub> eq/kg)	Emissions de CO <sub>2</sub> eq (tones)
Fang (40 %)	1412,45	835,096 [42]	1,17953

*Taula 13.4 Emissions de CO<sub>2</sub> com a conseqüència dels fangs generats*

Finalment, a la *Taula 13.5* es mostra un resum del total de tones de CO<sub>2</sub> generades al mes, tenint en compte l'energia utilitzada, el transport i els residus generats. El que suposaria unes emissions anuals de 12,12 tones de CO<sub>2</sub> per poder tractar un volum de 240 m<sup>3</sup> d'aigua residual.

Tipus d'emissió	tones CO <sub>2</sub> eq
ENERGIA	0,02791
Electricitat	0,02791
Combustibles fòssils	0,00000
TRANSPORT	0,00255
Carretera	0,00255
Marítim	0,00000
Aeri	0,00000
Ferrovitari	0,00000
RESIDUS	1,18206
Abocament de l'aigua tractada	0,00253
Tractament de fangs	1,17953
TOTAL mensual	1,21252

*Taula 13.5 Total emissions de CO<sub>2</sub> mensuals - Alternativa 1*

## 13.2. Alternativa 2

En primer lloc, a la *Taula 13.6* es detallen les emissions derivades del transport per carretera, que en aquest projecte fa referència al transport del contenidor de fangs des de la fàbrica fins a la planta de tractament de residus. En aquest cas, tal com s'especifica a la *Taula 12.4* cal canviar el contenidor una vegada cada 3,8 mesos, i se suposa que es fa el transport amb un camió Diesel de menys de 7,5 t i amb un recorregut de 20 km per cada canvi de contenidor, si finalment es tractés a la planta del Papiol. [37]

Vehicle	Distància (km)	Factor d'emissió (g CO <sub>2</sub> eq/km)	Emissions de CO <sub>2</sub> eq (tones)
Camió	5,20	303,68 [41]	0,00158

*Taula 13.6 Emissions de CO<sub>2</sub> com a conseqüència del transport terrestre - Alternativa 2*

En segon lloc, a la *Taula 13.7* es detallen les emissions derivades del consum elèctric, que correspondran al consum de la bomba i de l'agitador. El consum de la bomba correspondrà a un total de 13,4 kWh mensuals, mentre que el consum de l'agitador, a un total de 5,20 kWh mensuals.

Lloc on es produeix el consum	Tipus d'electricitat consumida	Xarxa general	Consum d'electricitat (kWh)	Factor d'emissió (g CO <sub>2</sub> eq/kWh)	Emissions de CO <sub>2</sub> eq (tones)
Bomba	De xarxa	General (sense GdO)	13,4	308,000	0,00414
Agitador	De xarxa	General (sense GdO)	5,2	308,000	0,00160

*Taula 13.7 Emissions de CO<sub>2</sub> com a conseqüència del consum d'electricitat - Alternativa 2*

En tercer lloc, a la *Taula 13.8* es detallen les emissions derivades de l'abocament de l'aigua tractada. Les emissions faran referència al volum d'aigua retornada i per tant, tal com s'especifica a la *Taula 11.5* serà un total de 23,58 m<sup>3</sup> mensuals.

Residu	Volum (m <sup>3</sup> )	Factor d'emissió (g CO <sub>2</sub> eq/m <sup>3</sup> )	Emissions de CO <sub>2</sub> eq (tones)
Aigua	23,58	107 [42]	0,00252

*Taula 13.8 Emissions de CO<sub>2</sub> com a conseqüència de l'abocament de l'aigua depurada - Alternativa 2*

En quart lloc, a la *Taula 13.9* es detallen les emissions derivades de l'assecatge del fang humit per part de l'empresa gestora dels residus. S'ha tingut en compte el pes total dels fangs a tractar, que tal com s'especifica a la *Taula 11.5* es tracta d'un pes total mensual de 942 kg de fang amb un 40 % d'humitat. El factor d'emissió fa referència a l'emissió de CO<sub>2</sub> necessària per dur a terme l'assecatge tèrmic del fang. [42]

Residu	Pes (kg)	Factor d'emissió (g CO <sub>2</sub> eq/kg)	Emissions de CO <sub>2</sub> eq (tones)
Fang (40 %)	942	835,096 [42]	0,78666

*Taula 13.9 Emissions de CO<sub>2</sub> com a conseqüència dels fangs generats*

Finalment, a la *Taula 13.10* es mostra un resum del total de tones de CO<sub>2</sub> generades al mes, tenint en compte l'energia utilitzada, el transport i els residus generats. El que suposaria unes emissions anuals de 7,91 tones de CO<sub>2</sub> per poder tractar un volum de 240 m<sup>3</sup> d'aigua residual.

Tipus d'emissió	tones CO <sub>2</sub> eq
ENERGIA	0,00574
Electricitat	0,00574
Combustibles fòssils	0,00000
TRANSPORT	0,00158
Carretera	0,00158
Marítim	0,00000
Aeri	0,00000
Ferroviani	0,00000
RESIDUS	0,78918
Abocament de l'aigua tractada	0,00252
Tractament de fangs	0,78666
TOTAL mensual	0,79650

*Taula 13.10 Total emissions de CO<sub>2</sub> mensuals - Alternativa 2*

## 14. Procés de tractament escollit

Per tal de determinar el procés més adequat en aquesta situació es realitzarà una taula multicriteri tenint en compte la quantitat i la qualitat dels residus generats, la viabilitat econòmica del projecte, l'impacte ambiental i la seguretat dels processos. A la *Taula 14.1* es mostra la puntuació donada a cada alternativa en funció del criteri, on un cinc és la puntuació màxima i un u la mínima.

El primer i el segon criteri fan referència a la qualitat i quantitat dels fangs generats, i tal com s'ha detallat al *Capítol 11* la qualitat dels fangs de l'Alternativa 2 és més bona, ja que tenen un percentatge d'humitat més baix, i per tant la quantitat serà més baixa.

El tercer criteri fa referència a la viabilitat econòmica del projecte, i tal com s'ha detallat a l'*Apartat 12.4* s'obté que els dos projectes són viables econòmicament tot i que l'Alternativa 2 comporta un estalvi major i per tant la seva puntuació serà més alta.

El quart criteri fa referència a l'estudi d'impacte ambiental, que s'ha detallat al *Capítol 13* pel qual s'ha determinat que l'alternativa que emet menys emissions de CO<sub>2</sub> equivalents és l'Alternativa 2.

Finalment pel que fa a la seguretat del procés en ambdós casos el procés és segur, per una banda el procés químic i els reactius són els mateixos, ara bé per l'altra a l'Alternativa 1 al treballar amb la centrífuga que està més automatitzada que el filtre premsa la seguretat serà una mica més alta.

	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
Qualitat dels residus generats	2	3
Quantitat de residus generats	2	4
Viabilitat econòmica	2	4
Impacte ambiental	3	4
Seguretat	4	3
TOTAL	13	18

*Taula 14.1 Taula multicriteri entre les Alternatives proposades*

Per tant, l'alternativa finalment escollida serà l'Alternativa 2 que consta d'un tractament amb FeSO<sub>4</sub> per mitjà d'un decantador de fons troncocònic i un filtre premsa, ja que en la majoria dels criteris estudiats ha obtingut millors resultats.



## 15. Programació del projecte

La programació del projecte ha estat dissenyada per tal que el projecte sigui dut a terme en quatre mesos, de setembre 2017 a desembre 2017. En la programació del projecte s'han considerat les tasques principals d'enginyer superior i d'enginyer tècnic, des de la recerca de normativa fins a l'avaluació econòmica i d'impacte ambiental, passant per l'estudi dels possibles tractaments i el disseny de les alternatives de solució. Ara bé, cal tenir en compte que malgrat no aparegui de forma directa a la programació, durant tot el projecte s'han realitzat tasques d'administració per tal de complementar tant la normativa trobada i els equips de tractament, com també per gestionar la caracterització de les aigües i la situació actual.

A la programació del projecte de la *Figura 15.1* en el qual s'especifiquen les tasques i les subtasques, se'ls assigna una duració en setmanes que en aquest cas va des d'una setmana per les tasques més curtes fins a 5 setmanes per les més llargues. A més a més, s'assigna també un dia d'inici i si és necessari que alguna tasca prèvia estigui finalitzada abans de començar la tasca en qüestió. Aquesta última característica queda representada a l'escala temporal en forma d'una fletxa blava.



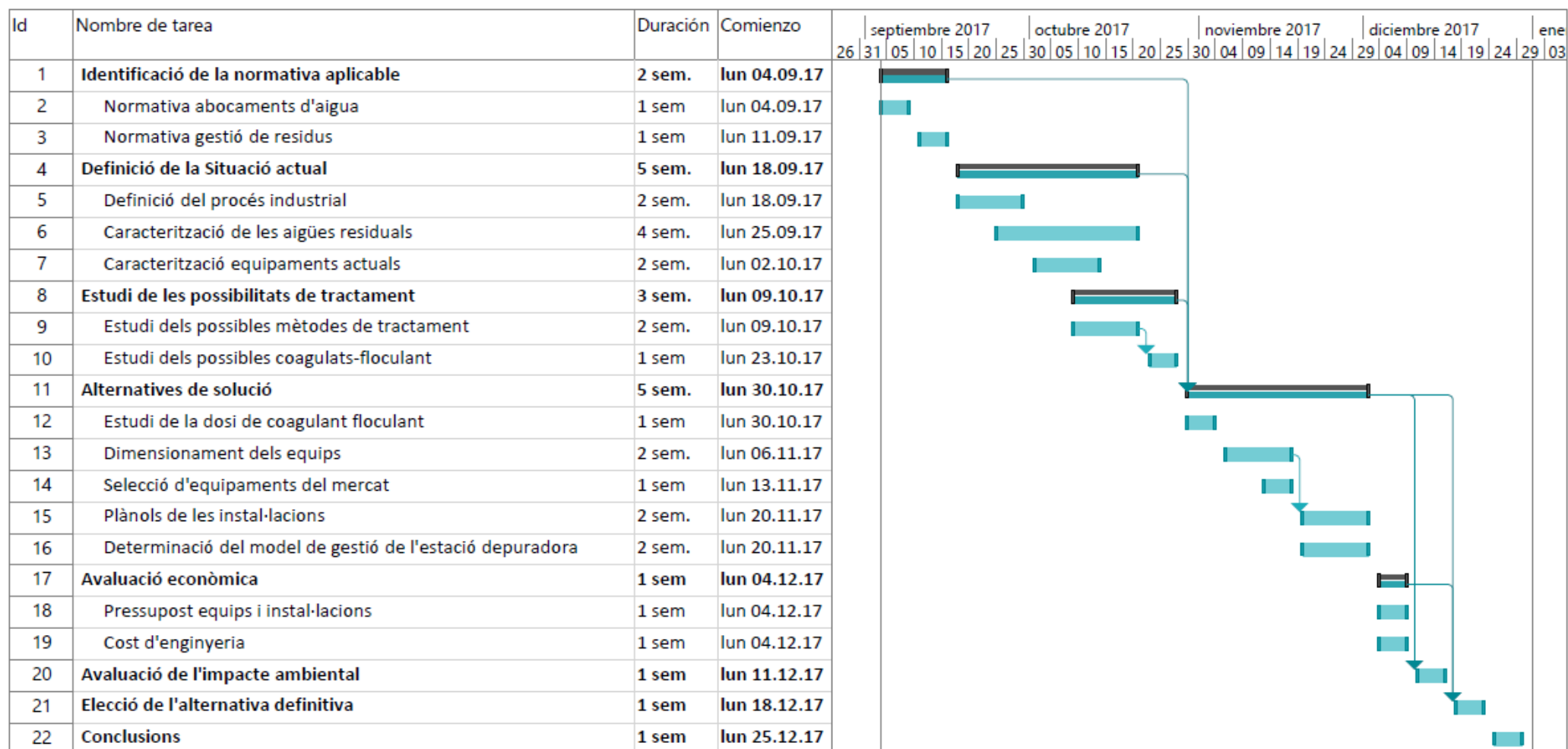


Figura 15.1 Programació del projecte

## 16. Conclusions

En aquest projecte s'ha plantejat una possible solució al problema de l'empresa Fénix Cerámicas S.L la qual necessita posar en marxa una estació depuradora per tractar les aigües residuals que deriven del seu procés de fabricació de peces de ceràmica sanitària, sobretot les aigües procedents del procés d'esmaltat.

Així doncs, es proposa un tractament químic mitjançant el coagulant  $\text{FeSO}_4$  per tal de disminuir les matèries en suspensió i els metalls pesants, i així complir amb la normativa actualment vigent. Per dur a terme aquest tractament s'han proposat dues alternatives pel que fa als equipaments possibles i per les quals se n'han detallat els plànols i el model d'explotació i també de gestió dels fangs resultants.

Pel que fa tant a la instal·lació com al funcionament de la depuradora s'han formulat uns pressupostos amb valors actuals de mercat per poder detallar posteriorment la viabilitat econòmica del projecte mitjançant els indicadors VAN i TIR.

Tot seguit s'ha estudiat l'impacte ambiental que tindria el funcionament de la planta de forma periòdica en forma d'emissions de  $\text{CO}_2$  equivalent, tenint en compte l'energia, el transport i els residus generats durant l'explotació de les instal·lacions.

Finalment, valorant els resultats obtinguts s'ha determinat com a la solució més òptima l'Alternativa 2 que proposa depurar les aigües residuals amb el coagulant  $\text{FeSO}_4$  mitjançant un decantador de fons troncocònic on es du a terme el tractament químic de coagulació de les partícules col·loïdals, i tot seguit un filtre premsa on es disminuirà la humitat dels fangs.



## Agraïments

En primer lloc, vull agrair al meu director Lázaro Vicente Cremades Oliver la dedicació i el suport que m'ha donat al llarg del projecte, com també al director de l'empresa Fénix Cerámicas S.L Manuel González Giménez i al catedràtic Joan Antoni Cusidó Fábregas per haver-me obert les portes de la fàbrica i haver-me entusiasmat a dur-lo a terme.

També vull agrair als companys del Grau en Enginyeria Química el suport que m'han donat al llarg del projecte i sobretot les estones viscudes durant aquests quatre anys, compartir els estudis amb vosaltres ha estat un plaer i seran uns anys que sempre recordaré.

Finalment vull mostrar el meu agraïment a la meva família, que han estat al meu costat durant aquest projecte i que m'han donat els millors consells al llarg dels estudis per tal de poder tirar sempre endavant.



## Bibliografia

- [1] *BOPB 9 de febrer 2015 Reglament metropolità d'abocament d'aigües residuals*, 2015.
- [2] *DECRET 130/2003, de 13 de maig, pel qual s'aprova el Reglament dels serveis públics de sanejament*, 2003.
- [3] *REIAL DECRET LEGISLATIU 1/2001, de 20 de juliol, pel qual s'aprova el text refós de la Llei d'aigües. («BOE» 176, de 24-7-2001.)*, 2001.
- [4] Agència de Residus de Catalunya, «Catàleg de Residus de Catalunya,» [En línia]. Available: <http://www.arc.cat/ca/publicacions/pdf/agencia/cataleg.pdf>. [Últim accés: 8 octubre 2017].
- [5] Universitat Politècnica de Catalunya, «Tecnologies de Sostenibilitat,» [En línia]. Available: <https://tecnologiaisostenibilitat.cus.upc.edu/continguts/tractaments-i-depuracio-daigues>. [Últim accés: 10 octubre 2017].
- [6] J. A. Sainz Sastre, *Tecnologías para la sostenibilidad. Procesos y operaciones unitarias en depuración de aguas residuales*, Madrid: Fundación EOI, 2005.
- [7] Aigües de Barcelona, «Duresa i composició mineral de la teva aigua,» [En línia]. Available: <http://www.aiguesdebarcelona.cat/ca/duresa-i-composicio-mineral-de-la-teva-aigua>. [Últim accés: 9 octubre 2017].
- [8] Àrea Metropolitana de Barcelona, «AMB - Medi Ambient,» [En línia]. Available: <http://www.amb.cat/s/web/medi-ambient/medi-ambient.html>. [Últim accés: 15 octubre 2017].
- [9] Universidad de Jaén, «Análisis de Aguas,» [En línia]. Available: [http://www4.ujaen.es/~mjayora/docencia\\_archivos/Quimica%20analitica%20ambiental/tema%2010.pdf](http://www4.ujaen.es/~mjayora/docencia_archivos/Quimica%20analitica%20ambiental/tema%2010.pdf). [Últim accés: 9 octubre 2017].
- [10] Metcalf & Eddy i George Tchobanoglous, *Wastewater engineering : treatment and resource recovery*, Nova York: McGraw-Hill, 2014.
- [11] Z.-M. Inc., «Zeta Potential: A Complete Course in 5 Minutes,» [En línia]. Available: <http://www.zeta-meter.com/5min.pdf>. [Últim accés: 20 octubre 2017].
- [12] Sustainable Sanitation and Water Management (SSWM), «Coagulation - Flocculation,» [En línia]. Available: <https://www.sswm.info/content/coagulation-flocculation>. [Últim accés: 15 octubre 2017].

- [13] L. Hervás Ramirez, «Capítulo 8. Tratamiento Físico-Químico, Procesos de Carácter Físico,» de *Técnicas de Prevención de la Generación de Suelos Contaminados*, Consejería de Medio Ambiente Junta de Andalucía.
- [14] Dègremont, «Decantación - Flotación,» [En línea]. Available: <http://www.elaguapotable.com/Decantacion%20flotacion%20Degremont.pdf>. [Últim accés: 28 octubre 2017].
- [15] C. P. d. I. S. y. C. d. Ambiente, «Capítulo 4: Decantadores,» de *Plantas de filtración rápida (Manual II: Diseño de plantas de tecnología apropiada)*, Lima, 2004.
- [16] Komline-Sanderson, «Rotary Drum Vacuum Filters,» [En línea]. Available: [http://www.komline.com/products/rotary\\_drum\\_vacuum\\_filter.html](http://www.komline.com/products/rotary_drum_vacuum_filter.html). [Últim accés: 30 octubre 2017].
- [17] U. o. Michigan, «Visual Encyclopedia of Chemical Engineering Equipment,» [En línea]. Available: <http://encyclopedia.che.engin.umich.edu/Pages/SeparationsMechanical/Filters/Filters.html>. [Últim accés: 31 octubre 2017].
- [18] Univeristat de Barcelona, «La centrifugación,» [En línea]. Available: [http://www.ub.edu/oblq/oblq%20catala/centrifugacio\\_fonament.html](http://www.ub.edu/oblq/oblq%20catala/centrifugacio_fonament.html). [Últim accés: 25 octubre 2017].
- [19] I. G. - G. E. Center, «Dewatering Equipment Information,» [En línea]. Available: [http://www.globalspec.com/learnmore/manufacturing\\_process\\_equipment/filtration\\_separation\\_products/dewatering\\_equipment](http://www.globalspec.com/learnmore/manufacturing_process_equipment/filtration_separation_products/dewatering_equipment). [Últim accés: 1 novembre 2017].
- [20] TEFSA, «Filtro Prensa de Traslado Lateral,» [En línea]. Available: [http://www.gruptefsa.com/filtro\\_prensa\\_con\\_traslado\\_lateral/04-Filtro%20Prensa%20con%20Traslado%20Lateral.pdf](http://www.gruptefsa.com/filtro_prensa_con_traslado_lateral/04-Filtro%20Prensa%20con%20Traslado%20Lateral.pdf). [Últim accés: 15 novembre 2017].
- [21] Dègremont, «Coagulación y Floculación del Agua,» [En línea]. Available: [http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/coagulacion\\_floculacion\\_agua.pdf](http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/coagulacion_floculacion_agua.pdf). [Últim accés: 7 desembre 2017].
- [22] Vadequímica, «Sulfato de aluminio polvo (25 kg),» [En línea]. Available: <https://www.vadequimica.com/sulfato-de-aluminio-polvo-25kg.html>. [Últim accés: 15 desembre 2017].
- [23] Vadequímica, «Cloruro férrico Anhidro (60 kg),» [En línea]. Available: <https://www.vadequimica.com/cloruro-ferrico-anhidro-60-kg.html>. [Últim accés: 15 desembre 2017].

- [24] Vadequímica, «Sulfato férrico solución (25 litros),» [En línia]. Available: <https://www.vadequimica.com/sulfato-ferrico-solucion-25litros.html>. [Últim accés: 15 desembre 2017].
- [25] Vadequímica, «Sulfato ferroso 7-hidratado (25 kg),» [En línia]. Available: <https://www.vadequimica.com/sulfato-ferroso-7-hidrato-25kg.html>. [Últim accés: 15 desembre 2017].
- [26] «Performance Evaluation of Tile Wastewater Treatment with Different Coagulants,» *Journal of Environmental Health and Sustainable Development*, vol. 1, núm. 1, June 2016.
- [27] A. Barrenechea Martel, «CAPÍTULO 4. COAGULACIÓN,» Ingeniero Ambiental, [En línia]. Available: <http://www.ingenieroambiental.com/4014/cuatro.pdf>. [Últim accés: 19 desembre 2017].
- [28] Tubasol, «Hastinik,» [En línia]. Available: [http://www.grupohastinik.com/catalogos/Catalogo\\_Tubasol\\_Sanitario-\(10-13\).pdf](http://www.grupohastinik.com/catalogos/Catalogo_Tubasol_Sanitario-(10-13).pdf). [Últim accés: 18 novembre 2017].
- [29] E. Jou Santacreu, Apunts de l'assignatura Mecànica de Fluids 2016.
- [30] Pintuc Screw Compressors S.L, «Pintuc Compressors MK 103.200F.3,» [En línia]. Available: <http://www.pintuccompresores.com/catalogo/producto/61>. [Últim accés: 21 desembre 2017].
- [31] VenturaOrts, «Tecnoogía a medida para la industria y el medio ambiente,» [En línia]. Available: <http://www.venturaorts.com/decantadores-lamelares/>. [Últim accés: 15 desembre 2017].
- [32] PBS Belka Vites, «Centrífuga decantadora,» [En línia]. Available: <http://www.pbsvb.es/getattachment/Zakaznicka-odvetvi/Separace/Dekantacni-odstredivky/PBS-DO-Prumysl-ESP.pdf.aspx>. [Últim accés: 24 novembre 2017].
- [33] Depuradoras Tot Agua S.L, «Equipos de depuración,» [En línia]. Available: <http://www.totagua.com/equipos-para-la-depuracion/decantadores.html>. [Últim accés: 02 desembre 2017].
- [34] J. Casal Fàbrega i O. Gibert Agulló, «Agitación,» de *Operacions Bàsiques de l'Enginyeria Química*, 2016.
- [35] M. Giner, «La deshidratación de fangos,» [En línia]. Available: <http://www.tecpa.es/la-deshidratacion-de-fangos/>. [Últim accés: 18 desembre 2017].
- [36] Wastewater Treatment Plant Design, «Chapter 06 - Sludge Treatment and Disposal,» [En línia]. Available: <http://web.deu.edu.tr/atiksu/ana52/wdesign06.html>. [Últim accés: 19 desembre 2017].



- [37] Agència de residus de Catalunya, «Dipòsit controlat del Papiol,» [En línia]. Available: [http://www.arc.cat/ca/aplicatius/municipal/cgr\\_detall\\_municipal.asp?id=2222&Comarca=11&Instalacio=ABOC&TipusInstalacio=Municipal&TipusSel=&Tractament=&Estat=F&Ordre=Mun&ItemMin=1&TResidu=RUN&CGestor=&Itemspdetall=10](http://www.arc.cat/ca/aplicatius/municipal/cgr_detall_municipal.asp?id=2222&Comarca=11&Instalacio=ABOC&TipusInstalacio=Municipal&TipusSel=&Tractament=&Estat=F&Ordre=Mun&ItemMin=1&TResidu=RUN&CGestor=&Itemspdetall=10). [Último acceso: 7 desembre 2017].
- [38] C. Ingenieros, «Generación de precios España,» [En línia]. Available: <http://www.generadordeprecios.info>. [Últim accés: 06 desembre 2017].
- [39] Ministerio de energía, turismo y agenda digital, «Precio neto de la electricidad para uso doméstico y uso industrial,» [En línia]. Available: [http://www.minetad.gob.es/es-ES/IndicadoresyEstadisticas/DatosEstadisticos/IV.%20Energ%C3%ADa%20y%20emisiones/IV\\_12.pdf](http://www.minetad.gob.es/es-ES/IndicadoresyEstadisticas/DatosEstadisticos/IV.%20Energ%C3%ADa%20y%20emisiones/IV_12.pdf). [Últim accés: 30 desembre 2017].
- [40] Generalitat de Catalunya, «Calculadora d'emissions de gasos amb efecte d'hivernacle (GEH),» [En línia]. Available: [http://canviclimatic.gencat.cat/ca/reduceix\\_emissions/calculadora\\_demissions/](http://canviclimatic.gencat.cat/ca/reduceix_emissions/calculadora_demissions/). [Últim accés: 21 desembre 2017].
- [41] Generalitat de Catalunya, «Guia de càlcul d'emissions de gasos amb efecte d'hivernacle (GEH),» [En línia]. Available: [http://canviclimatic.gencat.cat/web/.content/home/reduceix\\_emissions/guia\\_de\\_calcul\\_demissions\\_de\\_co2/170301\\_Guia-practica-calcul-emissions-2016-v2017.pdf](http://canviclimatic.gencat.cat/web/.content/home/reduceix_emissions/guia_de_calcul_demissions_de_co2/170301_Guia-practica-calcul-emissions-2016-v2017.pdf). [Últim accés: 21 desembre 2017].
- [42] Generalitat de Catalunya, «Càlcul de les emissions de GEH derivades del cicle de l'aigua de les xarxes urbanes a Catalunya,» [En línia]. Available: [http://canviclimatic.gencat.cat/web/.content/home/campanyes\\_i\\_comunicacio/publicacions/publicacions\\_de\\_canvi\\_climatic/Estudis\\_i\\_docs\\_mitigacio/Aigua\\_i\\_cc/150213\\_Metodologia-de-calcul-emissions-consum-aigua\\_CAT\\_vf.pdf](http://canviclimatic.gencat.cat/web/.content/home/campanyes_i_comunicacio/publicacions/publicacions_de_canvi_climatic/Estudis_i_docs_mitigacio/Aigua_i_cc/150213_Metodologia-de-calcul-emissions-consum-aigua_CAT_vf.pdf). [Últim accés: 21 desembre 2017].
- [43] «Diagrama de Moody,» [En línia]. Available: <https://mecanicadefluidosunah.files.wordpress.com/2015/11/moody.jpg>. [Últim accés: 29 novembre 2017].
- [44] Vadequímica, «Sulfato ferroso 7-hidratado (25 kg),» [En línia]. Available: <https://www.vadequimica.com/sulfato-ferroso-7-hidrato-25kg.html>. [Últim accés: 15 desembre 2017].
- [45] PBS Belka Vites, «Centrífuga Decantadora,» [En línia]. Available: <http://www.pbsvb.es/getattachment/Zakaznicka-odvetvi/Separace/Dekantacni-odstredivky/PBS-DO-Prumysl-ESP.pdf.aspx>. [Últim accés: 24 novembre 2017].

## Índex de figures

<i>Figura 2.1 Procés de fabricació</i>	13
<i>Figura 3.1 Cortines de la línia d'esmaltat</i>	17
<i>Figura 3.2 Dipòsit de guix per la fabricació dels motlles</i>	18
<i>Figura 7.1 Dues maneres de visualitzar la doble capa [11]</i>	28
<i>Figura 7.2 Potencial en funció de la distància al col·loide [11]</i>	29
<i>Figura 7.3 Dosificació de coagulant [10]</i>	30
<i>Figura 7.4 Esquema decantador estàtic [13]</i>	32
<i>Figura 7.5 Esquema decantador Turbocirculator [13]</i>	33
<i>Figura 7.6 Esquema decantador Pulsator [13]</i>	34
<i>Figura 7.7 Esquema de filtració al buit [16]</i>	35
<i>Figura 7.8 Esquema d'un filtre premsa [6]</i>	36
<i>Figura 7.9 Esquema centrífugadora [19]</i>	37
<i>Figura 8.1 Dipòsit pulmó</i>	39
<i>Figura 8.2 Dipòsit de tractament</i>	40
<i>Figura 8.3 Agitador del dipòsit</i>	41
<i>Figura 8.4 Bomba</i>	42
<i>Figura 8.5 Filtre premsa</i>	43
<i>Figura 10.1 Diagrama de flux de l'Alternativa 1</i>	53
<i>Figura 10.2 Diagrama de flux de l'Alternativa 2</i>	56
<i>Figura 15.1 Programació del projecte</i>	80



## Índex de taules

<i>Taula 2.1 Balanç de matèria</i>	15
<i>Taula 4.1 Límits excepcionals pels sistemes Gavà-Viladecans i Sant Feliu de Llobregat [1]</i>	19
<i>Taula 5.1 Classificació de l'aigua segons la seva duresa [7]</i>	22
<i>Taula 6.1 Anàlisis realitzades</i>	23
<i>Taula 6.2 Resultats de les anàlisis</i>	25
<i>Taula 8.1 Dipòsit pulmó</i>	39
<i>Taula 8.2 Dipòsit de tractament</i>	40
<i>Taula 8.3 Característiques de l'Agitador</i>	41
<i>Taula 8.4 Bomba</i>	42
<i>Taula 8.5 Filtre premsa [20]</i>	43
<i>Taula 9.1 Coagulants – Sals metàl·liques</i>	45
<i>Taula 9.2 Tant per cent de reducció dels paràmetres fisicoquímics [26]</i>	46
<i>Taula 9.3 Valors contaminants abans i després del tractament</i>	46
<i>Taula 10.1 Dimensions canonada DN 40 [28]</i>	50
<i>Taula 10.2 Dades extrems del Diagrama de Moody</i>	51
<i>Taula 10.3 Característiques del sistema</i>	52
<i>Taula 10.4 Característiques de la bomba</i>	52
<i>Taula 10.5 Característiques del compressor Pintuc</i>	53
<i>Taula 10.6 Decantador laminar VenturaOrts [31]</i>	54
<i>Taula 10.7 Propietats centrífuga decantadora [32]</i>	55
<i>Taula 10.8 Decantador Tot Agua S.L [33]</i>	57
<i>Taula 11.1 Dosi de coagulant</i>	61
<i>Taula 11.2 Balanç de massa - Alternativa 1</i>	62
<i>Taula 11.3 Resum de volums i masses - Alternativa 1 [36]</i>	62
<i>Taula 11.4 Balanç de massa - Alternativa 2</i>	63
<i>Taula 11.5 Resum de volums i masses - Alternativa 2 [36]</i>	64
<i>Taula 12.1 Pressupost d'instal·lació - Alternativa 1</i>	65
<i>Taula 12.2 Pressupost d'instal·lació - Alternativa 2</i>	66
<i>Taula 12.3 Pressupost de gestió - Alternativa 1</i>	67
<i>Taula 12.4 Pressupost de gestió - Alternativa 2</i>	68
<i>Taula 12.5 Cost enginyeria del projecte</i>	69
<i>Taula 12.6 Càlcul de la rendibilitat - Alternativa 1</i>	70
<i>Taula 12.7 Càlcul de la rendibilitat - Alternativa 2</i>	71
<i>Taula 13.1 Emissions de CO<sub>2</sub> com a conseqüència del transport terrestre - Alternativa 1</i>	73
<i>Taula 13.2 Emissions de CO<sub>2</sub> com a conseqüència del consum d'electricitat - Alternativa 1</i>	73
<i>Taula 13.3 Emissions de CO<sub>2</sub> com a conseqüència de l'abocament de l'aigua depurada - Alternativa 1</i>	73
<i>Taula 13.4 Emissions de CO<sub>2</sub> com a conseqüència dels fangs generats</i>	74
<i>Taula 13.5 Total emissions de CO<sub>2</sub> mensuals - Alternativa 1</i>	74
<i>Taula 13.6 Emissions de CO<sub>2</sub> com a conseqüència del transport terrestre - Alternativa 2</i>	75

<i>Taula 13.7 Emissions de CO<sub>2</sub> com a conseqüència del consum d'electricitat - Alternativa 2</i>	<i>75</i>
<i>Taula 13.8 Emissions de CO<sub>2</sub> com a conseqüència de l'abocament de l'aigua depurada - Alternativa 2</i>	<i>75</i>
<i>Taula 13.9 Emissions de CO<sub>2</sub> com a conseqüència dels fangs generats</i>	<i>76</i>
<i>Taula 13.10 Total emissions de CO<sub>2</sub> mensuals - Alternativa 2</i>	<i>76</i>
<i>Taula 14.1 Taula multicriteri entre les Alternatives proposades</i>	<i>77</i>

